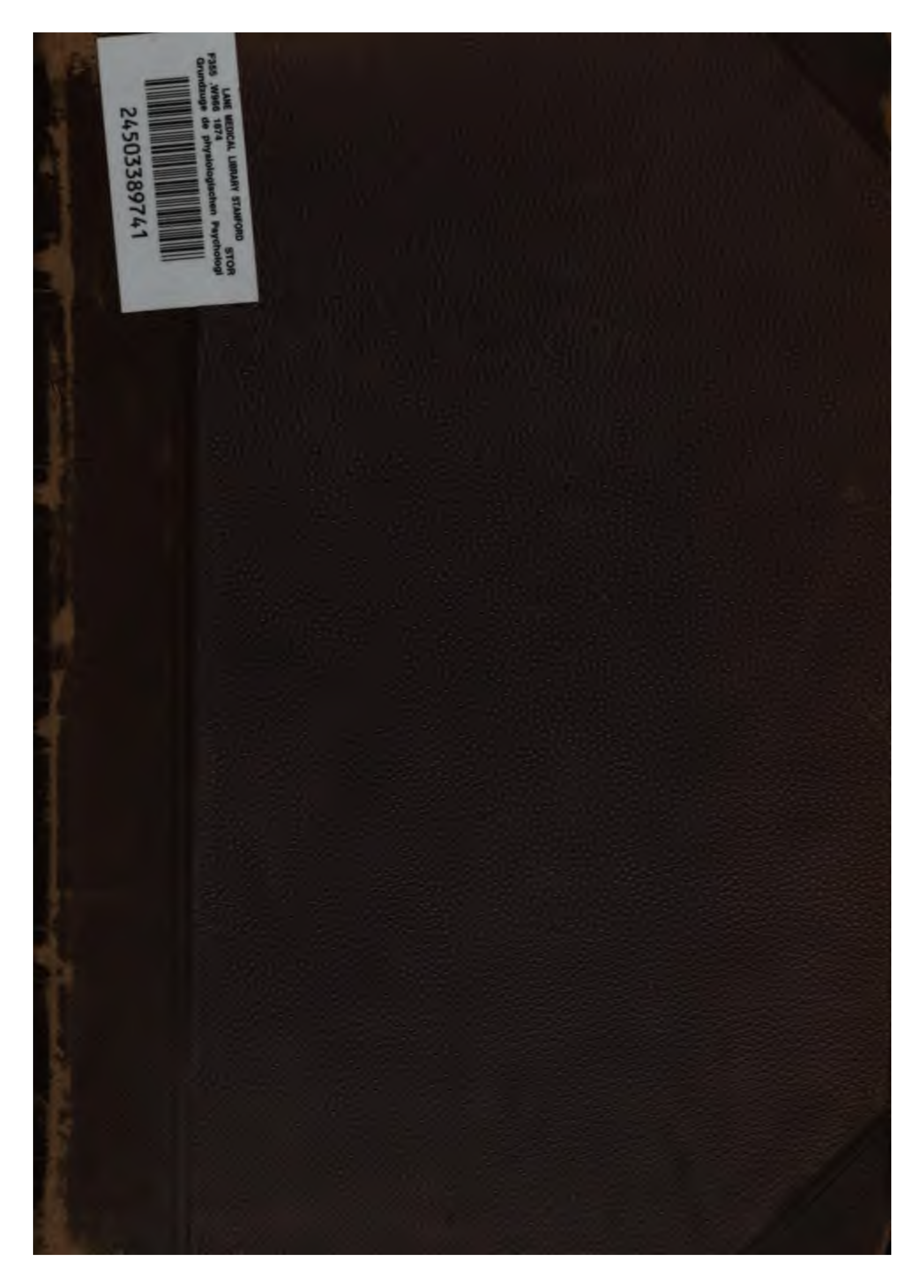

LANE MEDICAL LIBRARY STANFORD STOR
F355 .W96 1874
Grundzüge de physiologischen Psychologi
24503389741



GRUNDZÜGE

DER

PHYSIOLOGISCHEN PSYCHOLOGIE.

VON

WILHELM WUNDT,
PROFESSOR AN DER UNIVERSITÄT ZU HEIDELBERG.

MIT 155 HOLZSCHNITTEN.

LEIPZIG.
VERLAG VON WILHELM ENGELMANN.
1874.

Vorwort.

Das Werk, das ich hiermit der Oeffentlichkeit übergebe, versucht ein neues Gebiet der Wissenschaft abzugrenzen. Wohl bin ich mir bewusst, dass dieses Unternehmen vor allem dem Zweifel begegnen kann, ob jetzt schon die Zeit für dasselbe gekommen sei. Stehen doch theilweise sogar die anatomisch-physiologischen Grundlagen der hier bearbeiteten Disciplin durchaus nicht sicher, und vollends die experimentelle Behandlung psychologischer Fragen ist noch ganz und gar in ihren Anfängen begriffen. Aber die Orientirung über den Thatbestand einer solchen im Entstehen begriffenen Wissenschaft ist ja bekanntlich das beste Mittel, die noch vorhandenen Lücken zu entdecken. Je unvollkommener in dieser Beziehung ein erster Versuch wie der gegenwärtige sein muss, um so mehr wird er zu seiner Verbesserung herausfordern. Ausserdem ist gerade auf diesem Gebiete die Lösung mancher Probleme wesentlich an den Zusammenhang derselben mit andern, oft scheinbar entlegenen Thatsachen gebunden, so dass erst ein weiterer Ueberblick den richtigen Weg finden lässt.

In vielen Theilen dieses Werkes hat der Verfasser eigene Untersuchungen benützt; in den übrigen hat er sich wenigstens ein eigenes Urtheil zu verschaffen gesucht. So stützt sich der im ersten Abschnitt gegebene Abriss der Gehirnanatomie auf eine aus vielfältiger Zergliederung menschlicher und thierischer Gehirne gewonnene Anschauung der Formverhältnisse. Für einen Theil des hierzu benutzten Materials sowie für manche Belehrung auf diesem schwierigen Gebiete bin ich dem vormaligen Director des hiesigen anatomischen Museums, Prof. Fr. Arnold,

zu Dank verpflichtet. Die mikroskopische Erforschung des Gehirnbaus fordert freilich ihren eigenen Mann, und musste ich mich hier darauf beschränken, die Angaben der verschiedenen Autoren unter einander und mit den Resultaten der gröberen Gehirnanatomie zu vergleichen. Ich muss es den Sachverständigen überlassen zu entscheiden, ob das auf dieser Grundlage im vierten Capitel gezeichnete Bild der centralen Leitungsbahnen wenigstens in seinen Hauptzügen richtig ist. Dass im einzelnen noch mannigfache Ergänzungen und Berichtigungen desselben erforderlich sind, ist mir wohl bewusst. Doch dürfte eine gewisse Bürgschaft immerhin darin liegen, dass die functionellen Störungen, die der physiologische Versuch bei den Abtragungen und Durchschneidungen der verschiedenen Centraltheile ergibt, mit jenem anatomischen Bilde leicht in Einklang zu bringen sind, wie ich im fünften Capitel zu zeigen versuchte. Die meisten der hier dargestellten Erscheinungen hatte ich in eigenen Versuchen zu beobachten häufige Gelegenheit. Im sechsten Capitel sind die Resultate meiner »Untersuchungen zur Mechanik der Nerven und Nervencentren«, so weit sich dieselben auf die psychologisch wichtige Frage nach der Natur der in den Nervenelementen wirksamen Kräfte beziehen, zusammengefasst.

Der zweite und dritte Abschnitt behandeln ein Gebiet, das den Verfasser selbst vor langer Zeit zuerst zu psychologischen Studien führte. Als er im Jahre 1858 seine »Beiträge zur Theorie der Sinneswahrnehmung« auszuarbeiten begann, waren unter den deutschen Physiologen nativistische Ansichten noch in fast unbestrittener Geltung. Jene Schrift war wesentlich aus der Absicht entsprungen, die Unzulänglichkeit der bisherigen Hypothesen über die Entstehung der räumlichen Tast- und Gesichtsvorstellungen nachzuweisen und physiologische Grundlagen einer psychologischen Theorie aufzufinden. Seitdem haben die dort vertretenen Ansichten auch unter den Physiologen allgemeineren Eingang gefunden, meistens allerdings in einer Form, die vor einer strengen Kritik nicht Stand halten dürfte. Der Verfasser hofft, es möchte ihm in dem vorliegenden Werke gelungen sein, das Ungenügende des neueren physiologischen Empirismus ebenso wie die relative Berechtigung des Nativismus und die Nothwendigkeit, mit der beide Anschauungen auf eine tiefer gehende psychologische Theorie hinweisen, darzuthun. Die Hypothese

von den specifischen Sinnesenergieen, die eigentlich einen Rest des älteren Nativismus darstellt, kann, wie ich glaube, trotz der bequemen Erklärung mancher Thatsachen, die sie zulässt, nicht mehr gehalten werden. Meine Kritik wird hier voraussichtlich noch auf manchen Widerspruch stossen. Wer aber den ganzen Zusammenhang ins Auge fasst wird sich der Triftigkeit der Einwände kaum entziehen. Was die der allgemeinen Nervenphysiologie entnommenen Gründe betrifft, so lässt sich zwar, wie auch auf S. 351 angedeutet wurde, die Ausbildung bestimmter Energieen mit dem Entwicklungsprincip und der Anpassungsfähigkeit der Nervensubstanz in Einklang bringen; und in diesem Sinne wird auch hier eine Differenzirung der Function nicht bestritten. Durch nichts lässt sich aber begreiflich machen, warum in jedem Retinastäbchen drei specifisch empfindende Elemente sich ausbilden sollen, oder warum eine Acusticusfaser nicht durch Tonschwingungen von verschiedener Geschwindigkeit soll gereizt werden können. Diese Anwendungen der specifischen Energieen auf die Einzelqualitäten der verschiedenen Sinne müssen daher aufgegeben werden, um so mehr, als gerade sie sich theils in Widersprüche verwickeln theils die Thatsachen unerklärt lassen. Uebrigens bin ich erst nach dem Druck der ersten Hälfte dieses Werkes darauf aufmerksam geworden, dass sich bereits A. HORWICZ in seinen nach vielen Richtungen anregenden »psychologischen Analysen auf physiologischer Grundlage« (Halle 1872, S. 108) für die Indifferenz der Function der Nervenelemente ausgesprochen hat; ebenso schon früher G. H. LEWES in seiner »physiology of common life« (vol. II, London 1860, chap. VIII) und wieder in seinem neuesten Werke »problems of life and mind« (London 1874 p. 135).

Die Untersuchungen des vierten Abschnitts, namentlich die im neunzehnten Capitel dargestellten Versuche über den Eintritt und Verlauf der durch äussere Eindrücke erweckten Sinnesvorstellungen, haben den Verfasser seit vierzehn Jahren, freilich mit vielen durch andere Arbeiten und durch die Beschaffung der nothwendigen Apparate verursachten Unterbrechungen, beschäftigt. Die ersten Resultate sind schon im Jahre 1861 der Naturforscherversammlung in Speyer vorgetragen worden. Seitdem sind noch von anderer Seite mehrere beachtungswerthe Abhandlungen über den gleichen Gegenstand erschienen. An einer Verwerthung

der gewonnenen Thatsachen für die Theorie des Bewusstseins und der Aufmerksamkeit hat es aber bis jetzt gefehlt. Möchte es mir gelungen sein, diesem wichtigen Zweige der physiologischen Psychologie wenigstens einen vorläufigen Abschluss gegeben zu haben.

Schliesslich kann ich nicht umhin, den polemischen Ausführungen gegen HERBART hier die Bitte beizufügen, dass man nach denselben zugleich die Bedeutung bemessen möge, die ich den psychologischen Arbeiten dieses Philosophen beilege, dem ich nächst KANT in der Ausbildung eigener philosophischer Ansichten am meisten verdanke. Ebenso brauche ich mit Rücksicht auf die im vorletzten Capitel enthaltene Bekämpfung von DARWIN's Theorie der Ausdrucksbewegungen kaum erst zu betonen, wie sehr auch das gegenwärtige Werk von den allgemeinen Anschauungen durchdrungen ist, welche durch DARWIN ein unverlierbarer Besitz der Naturforschung geworden sind.

Heidelberg, im März 1874.

W. Wundt.

Inhaltsverzeichniss.

Einleitung.

1. Aufgabe der physiologischen Psychologie.

Das vorliegende Werk gibt durch seinen Titel schon zu erkennen, dass es den Versuch macht zwei Wissenschaften in Verbindung zu bringen, die, obgleich sie sich beide fast mit einem und demselben Gegenstande, nämlich vorzugsweise mit dem menschlichen Leben, beschäftigen, doch lange Zeit verschiedene Wege gewandelt sind. Die Physiologie gibt über jene Lebenserscheinungen Aufschluss, welche sich durch unsere äusseren Sinne wahrnehmen lassen. In der Psychologie schaut der Mensch sich selbst gleichsam von innen an und sucht sich den Zusammenhang derjenigen Vorgänge zu erklären, welche ihm diese innere Beobachtung darbietet. So verschieden aber auch im Ganzen der Inhalt unseres äusseren und inneren Lebens sich zu gestalten scheint, so gibt es doch zwischen beiden zahlreiche Berührungspunkte, denn die innere Erfahrung wird fortwährend durch äussere Einwirkungen beeinflusst, und unsere inneren Zustände greifen in den Ablauf des äusseren Geschehens vielfach bestimmend ein. So eröffnet sich ein Kreis von Lebensvorgängen, welcher der äussern und innern Beobachtung gleichzeitig zugänglich ist, ein Grenzgebiet, welches man, so lange überhaupt Physiologie und Psychologie von einander getrennt sind, zweckmässig einer besonderen Wissenschaft, die zwischen ihnen steht, zuweisen wird. Aus solchem Grenzgebiet eröffnen sich aber von selbst Ausblicke nach dies- und jenseits. Eine Wissenschaft, welche die Berührungspunkte des inneren und äusseren Lebens zu ihrem Objecte hat, wird veranlasst sein mit den hier gewonnenen Anschauungen so weit als möglich den ganzen Umfang der beiden andern Disciplinen, zwischen denen sie als Vermittlerin steht, zu vergleichen, und alle ihre Untersuchungen werden endlich in der Frage gipfeln, wie denn äusseres und inneres Dasein in ihrem letzten Grunde mit einander zusammenhängen. Die Physiologie und die Psychologie können jede für

sich von dieser Frage leicht Umgang nehmen. Die physiologische Psychologie kann ihr nicht aus dem Wege gehen.

Somit weisen wir unserer Wissenschaft die Aufgabe zu: erstlich diejenigen Lebensvorgänge zu erforschen, welche, zwischen äusserer und innerer Erfahrung in der Mitte stehend, die gleichzeitige Anwendung beider Beobachtungsmethoden, der äussern und der innern, erforderlich machen, und zweitens von den bei der Untersuchung dieses Gebietes gewonnenen Gesichtspunkten aus die Gesammtheit der Lebensvorgänge zu beleuchten und auf solche Weise wo möglich eine Totalauffassung des menschlichen Seins zu vermitteln.

Diese Aufgabe bedarf aber in einer Beziehung noch der schärferen Begrenzung. Indem nämlich die physiologische Psychologie die Wege zwischen innerem und äusserem Leben durchmisst, schlägt sie zunächst diejenigen ein, welche von aussen nach innen führen. Mit den physiologischen Vorgängen beginnt sie und sucht nachzuweisen, wie diese das Gebiet der innern Beobachtung beeinflussen; erst in zweiter Linie stehen ihr die Rückwirkungen, welche das äussere durch das innere Sein empfängt. So sind denn auch die Ausblicke, welche sie nach den beiden Grundwissenschaften, zwischen denen sie sich eingeschoben hat, wirft, vorzugsweise nach der einen, der psychologischen Seite gerichtet. Der Name physiologische Psychologie deutet dies an, indem er als den eigentlichen Gegenstand unserer Wissenschaft die Psychologie bezeichnet und den physiologischen Standpunkt nur als nähere Bestimmung hinzufügt. Der Grund dieses Verhältnisses liegt wesentlich darin, dass alle jene Probleme, welche sich auf die Wechselbeziehungen des inneren und äusseren Lebens beziehen, bisher im wesentlichen einen Bestandtheil der Psychologie gebildet haben, während die Physiologie Gegenstände, bei deren Untersuchung der Speculation eine wesentliche Rolle zufallen musste, gern aus dem Bereiche ihrer Untersuchungen ausschloss. Doch haben in neuerer Zeit gleichzeitig die Psychologen begonnen sich mit der physiologischen Erfahrung vertrauter zu machen, und die Physiologen die Nöthigung empfunden, über gewisse Grenzfragen, auf die sie gestossen, sich bei der Psychologie Raths zu erholen. Die so aus ähnlichen Bedürfnissen entsprungene Begegnung hat der physiologischen Psychologie den Ursprung gegeben. Die Probleme dieser Wissenschaft, so nahe sie auch die Physiologie berühren, ja vielfach auf das eigenste Gebiet derselben übergreifen, haben grossentheils bisher zur Domäne der Psychologie gehört, das Rüstzeug aber, welches sie zur Bewältigung dieser Probleme herbeibringt, ist gleichmässig beiden Mutterwissenschaften entliehen. Die psychologische Selbstbeobachtung geht Hand in Hand mit den Methoden der Experimentalphysiologie, und aus der Anwendung dieser auf jene haben sich als ein

eigener Zweig der Experimentalforschung die psychophysischen Methoden entwickelt. Will man auf die Eigenthümlichkeit der Methode das Hauptgewicht legen, so lässt daher unsere Wissenschaft als Experimentalpsychologie von der gewöhnlichen, rein auf Selbstbeobachtung gegründeten Seelenlehre sich unterscheiden.

Es gibt zwei Haupterscheinungen, welche jene Grenzscheide, wo die äussere nicht mehr ohne die innere Beobachtung ausreicht, und wo diese auf die Hülfe jener sich angewiesen sieht, deutlich bezeichnen: die Empfindung, eine psychologische Thatsache, welche unmittelbar von gewissen äusseren Grundbedingungen abhängt, und die Bewegung aus innerm Antrieb, ein physiologischer Vorgang, dessen Ursachen sich im Allgemeinen nur in der Selbstbeobachtung zu erkennen geben. In der Empfindung schauen wir die Scheidewand zwischen beiden Gebieten gleichsam von innen, von der psychologischen Seite, in der Bewegung von aussen, von der physiologischen Seite an.

Die Empfindung ist nach Intensität und Qualität zunächst durch ihre äusseren Ursachen, die physiologischen Sinnesreize, bestimmt. Ihre weiteren Umgestaltungen erfährt sie aber unter dem Einfluss der in der inneren Beobachtung gegebenen Vorbedingungen. Diese sind es, durch welche aus Empfindungen Vorstellungen der Aussendinge und aus einfachen zusammengesetzte Vorstellungen entstehen, durch welche sich die Vorstellungen zu Reihen und Gruppen verbinden und in diesen ihren Verbindungen dem Bewusstsein kürzere oder längere Zeit verfügbar bleiben. Dennoch machen sich auch hier äussere Einflüsse fortwährend geltend: der Wechsel und die Verbindung der Vorstellungen werden zum Theil bedingt durch den Wechsel und die Verbindung der Eindrücke, der Aufbau zusammengesetzter Vorstellungen aus einfachen ist an gewisse physiologische Verhältnisse unserer Sinnes- und Bewegungswerkzeuge geknüpft, und endlich wird sogar der scheinbar ganz innerliche Verlauf der Gedanken von bestimmten Zuständen und Vorgängen im centralen Nervensystem begleitet. So erstrecken sich von der psychophysischen Peripherie her Ausläufer bis tief in die Mitte des Seelenlebens.

Auf der andern Seite reflectiren sich die innern Vorgänge in äussern Bewegungen. Durch die letzteren kehrt der Kreis der Processe, welche zwischen äusserem und innerem Sein hin- und herschweben, wieder zu seinem Ausgangspunkte zurück. Bei den einfachsten dieser Bewegungen fehlt das psychologische Zwischenglied, oder es entgeht wenigstens unserer Selbstbeobachtung: die Bewegung erscheint hier als unmittelbarer Reflex des Reizes, daher man gerade in diesem Fall für sie den Namen Reflex-

bewegung gewählt hat. In dem Maasse aber als psychologische Vorgänge zwischen den Eindruck und die von ihm ausgelöste Bewegung treten, wird die letztere nach räumlicher Ausbreitung und zeitlichem Geschehen unabhängiger von jenem und bedarf nun mehr und mehr zu ihrer Erklärung derjenigen Momente, welche die innere Beobachtung darbietet, bis endlich nur noch die letztere über ihren Eintritt unmittelbare Rechenschaft gibt. Hier sind wir am Endglied der Reihe angelangt: wie bei der Reflexbewegung die psychologische Mitte, so entgeht uns jetzt der physiologische Anfang oder entzieht sich wenigstens unserer Nachweisung, nur der innere Vorgang und die äussere Reaction auf denselben bleiben uns zugänglich.

Die Psychologie nimmt zwischen den Natur- und Geisteswissenschaften eine mittlere Stellung ein. Den ersteren ist sie desshalb verwandt, weil für das innere und äussere Geschehen insoweit übereinstimmende Untersuchungs- und Erklärungsprincipien zur Anwendung kommen, als dies der Begriff des Geschehens überhaupt mit sich bringt. Für die Geisteswissenschaften bildet sie die grundlegende Lehre. Denn jede Aeusserung des menschlichen Geistes hat ihre letzte Ursache in Elementarerscheinungen der inneren Erfahrung. Geschichte, Rechts- und Staatslehre, Kunst- und Religionsphilosophie führen daher zurück auf psychologische Erklärungsgründe. Die physiologische Psychologie aber steht, da sie die Beziehungen des äusseren und inneren Geschehens vorzugsweise zu untersuchen hat, mit ihrer einen Hälfte selbst noch innerhalb der Naturwissenschaft, von der aus sie die nächste Vermittlerin zu den Geisteswissenschaften bilden muss.

Unter den Naturwissenschaften unterscheidet man bekanntlich die beschreibenden und die erklärenden oder die Zweige der Naturgeschichte und der Naturlehre. Beide sind von einander abhängig. Denn die Beschreibung gewinnt erst dann ihren wissenschaftlichen Werth, wenn ihr erklärende Principien zu Grunde liegen, während anderseits die Beschreibung und die auf sie gegründete Classification der Erscheinungen der Erklärung den Weg bahnt. Je weniger ausgebildet eine Wissenschaft ist, um so mehr fliessen in ihr Beschreibung und Erklärung zusammen. Namentlich werden in der Regel Classificationsversuche für Erklärungen gehalten. So fallen denn auch die meisten Bearbeitungen der empirischen Psychologie vorzugsweise dem Gebiete einer Naturgeschichte der Seele zu, ohne sich dessen immer bewusst zu sein. Auch die in neuerer Zeit zu einem eigenen Wissenszweig erhobene psychologische Durchforschung der Geschichte und Völkerkunde reiht einer Naturgeschichte der Seele im

weiteren Umfange sich an. Denn die Völkerpsychologie hat es durchweg mit zusammengesetzten Erscheinungen zu thun, welche ihre Beleuchtung durch das individuelle Bewusstsein empfangen müssen, da sie den aus diesem geschöpften psychologischen Gesetzen unterzuordnen sind, eine Aufgabe, welche im wesentlichen classificatorischer Art ist. Dagegen gehören die Untersuchungen der physiologischen Psychologie durchaus einer Naturlehre der Seele zu. Ihr Streben ist ganz auf die Nachweisung der psychischen Elementarphänomene gerichtet. Sie sucht die letzteren zu finden, indem sie zunächst von den physiologischen Vorgängen ausgeht, mit denen sie im Zusammenhang stehen. So nimmt unsere Wissenschaft nicht sogleich inmitten des Schauplatzes der innern Beobachtung ihren Standpunkt, sondern sie sucht von aussen in denselben einzudringen. Hierdurch wird es ihr gerade möglich das wirksamste Hülfsmittel der erklärenden Naturforschung, die experimentelle Methode, zu Rathe zu ziehen. Denn das Wesen des Experimentes besteht in der willkürlichen und, sobald es sich um die Gewinnung gesetzlicher Beziehungen zwischen den Ursachen und ihren Wirkungen handelt, in der quantitativ bestimmbaren Veränderung der Bedingungen des Geschehens. Nun können aber, wenigstens mit einiger Sicherheit, nur die äusseren, physischen Bedingungen der inneren Vorgänge willkürlich verändert werden, und vor allem sind nur sie einer directen Maassbestimmung zugänglich. Es ist also klar, dass von einer Anwendung der experimentellen Methode nur auf dem psychophysischen Grenzgebiete die Rede sein kann. Nichtsdestoweniger würde man Unrecht thun, wenn man auf diesen Grund hin die Möglichkeit einer Experimentalpsychologie bestreiten wollte, denn es ist zwar richtig, dass es nur psychophysische, keine rein psychologischen Experimente gibt, falls man nämlich unter den letzteren solche versteht, die von den äusseren Bedingungen des inneren Geschehens ganz absehen. Aber die Veränderung, die durch Variation einer Bedingung gesetzt wird, ist nicht bloss von der Natur der Bedingung sondern auch von der des Bedingten abhängig. Die Veränderungen im inneren Geschehen, die man durch den Wechsel der äusseren Einflüsse, von denen es abhängt, herbeiführt, werden also ebendamit auch über das innere Geschehen selbst Aufschlüsse enthalten. In diesem Sinne ist jedes psychophysiche zugleich ein psychologisches Experiment.

Schon KANT hat die Psychologie für unfähig erklärt, jemals zum Range einer exacten Naturwissenschaft sich zu erheben. Die Gründe, die er dabei anführt, sind seither öfter wiederholt worden, ohne dass man sie durch neue vermehrt hätte. Erstens, meint KANT, könne die Psychologie nicht exacte Wissenschaft werden, weil Mathematik auf die Phänomene des inneren Sinnes nicht anwendbar sei, indem die reine innere Anschauung, in welcher die Seelen-

erscheinungen construirt werden sollen, die Zeit, nur eine Dimension habe. Zweitens aber könne sie nicht einmal Experimentalwissenschaft werden, weil sich in ihr das Mannigfaltige der innern Beobachtung nicht nach Willkür verändern, noch weniger ein anderes denkendes Subject sich unsern Versuchen, der Absicht angemessen, unterwerfen lasse, auch die Beobachtung an sich schon den Zustand des beobachteten Gegenstandes alterire[1]). Der erste dieser Einwände ist irrthümlich, der zweite wenigstens einseitig. Es ist nämlich nicht richtig, dass das innere Geschehen nur *eine* Dimension, die Zeit, hat. Wäre dies der Fall, so würde allerdings von einer mathematischen Darstellung desselben nicht die Rede sein können, weil eine solche immer mindestens *zwei* Dimensionen, d. h. zwei Veränderliche, die dem Grössenbegriff subsumirt werden können, verlangt. Nun sind aber unsere Empfindungen, Vorstellungen, Gefühle *intensive* Grössen, welche sich in der Zeit an einander reihen. Das innere Geschehen hat also jedenfalls zwei Dimensionen, womit die allgemeine Möglichkeit dasselbe in mathematischer Form darzustellen gegeben ist. Ohne dies wäre auch das Unternehmen HERBART's, Mathematik auf Psychologie anzuwenden, von vornherein kaum denkbar, ein Unternehmen, welchem daher, was man über seinen sonstigen Inhalt urtheilen möge, das *eine* Verdienst nicht bestritten werden kann, dass es die Möglichkeit einer Anwendung mathematischer Betrachtungen in diesem Gebiete deutlich in's Licht gesetzt hat[2]). Was KANT für seinen zweiten Einwand, dass sich nämlich die innere Erfahrung einer experimentellen Erforschung entziehe, beibringt, ist dem rein innerlichen Verlauf der Vorstellungen entnommen, für den sich in der That die Triftigkeit desselben nicht bestreiten lässt. Unsere Vorstellungen sind *unbestimmte* Grössen, welche einer exacten Betrachtung erst zugänglich werden, wenn sie in *bestimmte* Grössen verwandelt, d. h. gemessen sind. Zu jeder Grössenmessung ist aber ein Maass nöthig, welches man zuvor schon besitzen muss: die unbestimmte Grösse wird in eine bestimmte verwandelt, dadurch, dass man sie an einer andern bestimmten Grösse misst, mit welcher sie in einer festen Beziehung steht. Solch' feste Beziehungen existiren nur zwischen den Ursachen und ihren Wirkungen, daher es auch zwei Mittel gibt um Grössen zu messen: man kann sie nämlich entweder an ihren Ursachen oder an ihren Wirkungen messen. In der Naturlehre ist das letztere die allgemeine Regel, man misst z. B. die allgemeinen Ursachen des äusseren Geschehens, die Naturkräfte, mittelst ihrer Wirkungen, der Bewegungen, die sie hervorbringen. Wo dagegen in der Psychologie an eine Messung gedacht werden kann, da ist man, wie es scheint, darauf angewiesen, umgekehrt die Wirkungen mittelst ihrer Ursachen zu bestimmen. Das urälteste Beispiel solch psychologischer Grössemessung ist gerade die Zeit. Den Verlauf unserer innern Zustände messen wir an seiner äussern Ursache, nämlich an der Bewegung von Naturobjecten, durch welche ein Wechsel der Vorstellungen herbeigeführt wird. Da wir die zum Maass der Zeit genommenen Bewegungen unmittelbar benützen, um andere äussere Vorgänge nach ihrem zeitlichen Verlauf zu bestimmen, so übersehen wir in diesem Fall leicht den psychologischen Ursprung des ganzen Vorganges. Im wesentlichen aber

---

1) KANT, metaphysische Anfangsgründe der Naturwissenschaft, Sämmtliche Werke, Ausg. von ROSENKRANZ, Bd. 5, S. 310.

2) HERBART, Psychologie als Wissenschaft neu gegründet auf Erfahrung, Metaphysik und Mathematik. Ges. Werke, herausgeg. von HARTENSTEIN, Bd. 5 u. 6.

ist es ein analoges Verfahren, wenn wir die Intensität unserer Empfindungen an der Stärke der äusseren sie verursachenden Eindrücke messen[1]. Unter Umständen liesse sich vielleicht auch ein Maass für innere Zustände aus ihren äusseren Wirkungen, den von uns ausgeführten Bewegungen, gewinnen; doch ist dieser entgegengesetzte Weg bis jetzt noch nicht eingeschlagen worden, es scheinen also demselben besondere Schwierigkeiten entgegenzustehen. Welche der beiden Maassmethoden man übrigens anwenden möge, immer muss das *eine* Glied der Causalbeziehung, sei es die Ursache, der Sinneseindruck, oder die Wirkung, die reagirende Bewegung, ausser uns liegen. Bei dem rein innerlichen Geschehen, wie es sich in dem Verlauf reproducirter Vorstellungen darstellt, sind nun aber sowohl die Ursachen wie die Wirkungen in uns. Zwar lässt das zusammenhängende Spiel unserer Vorstellungen einen ursächlichen Zusammenhang derselben vermuthen, aber jenes Spiel entzieht sich so sehr willkürlichen Eingriffen, dass wir nicht einmal immer im Stande sind, mit Sicherheit die Bedingungen eines Ereignisses zu ermitteln, noch weniger an die Feststellung irgend welcher quantitativer Beziehungen denken können. So bliebe höchstens noch *eine* Möglichkeit, um dennoch zu einer mathematischen Behandlung zu gelangen. Man könnte nämlich hypothetische Voraussetzungen über die fundamentalen Grössenbeziehungen bei der Wechselwirkung der Vorstellungen machen, daraus die Folgerungen entwickeln und diese so weit als möglich mit der Erfahrung vergleichen. In der That wird dieser Weg in allen Zweigen der mathematischen Physik wenigstens aushülfsweise betreten. Da man selten durch Induction wirklich bis zu den letzten Thatsachen gelangt, mit welchen eine mathematische Ableitung beginnen kann, auch, wenn dies der Fall sein sollte, jene letzten Voraussetzungen wahrscheinlich selten einfach genug wären, um eine Bewältigung durch den Calcül zuzulassen, so bleibt in der Regel zwischen dem Punkt wo die Induction aufhört und demjenigen wo die Deduction anfängt eine mehr oder minder grosse Lücke. Demnach beginnen denn die Deductionen der mathematischen Optik, Elasticitätslehre u. s. w. mit Hypothesen, die keineswegs durch Induction erwiesen sind, ja die man in der Regel nicht einmal für wahrscheinlich hält, sondern von denen man nur annimmt, dass sie Annäherungen an den wirklichen Thatbestand seien, bei welchen von unberechenbaren Verwickelungen, wie sie in der Natur nie fehlen, abstrahirt ist. Soll trotz dieses hypothetischen Charakters der ersten Voraussetzungen die mathematische Theorie doch als eine einigermassen begründete gelten, so müssen aber zwei Erfordernisse zusammentreffen: es müssen erstens die Hypothesen, von denen man ausgeht, wenigstens durch die Induction *vorbereitet* sein, diese muss ihnen als den wahrscheinlichsten einfachen Annahmen entgegenführen, und es darf zweitens die schliessliche Controle durch die Erfahrung nicht fehlen. Mangelt das erste dieser Erfordernisse, so kann eine mathematische Theorie immer noch als brauchbare Verbindung der Thatsache gelten, mangelt das zweite, so lässt sie sich, wenn das erste vorhanden ist, wenigstens als Anleitung benützen, um Thatsachen, zu denen begründete Vermuthung vorhanden ist, auf die Spur zu kommen. Jedes dieser Erfordernisse setzt aber wieder zu seiner Erfüllung die Hülfsmittel der experimentellen Methode voraus. Falls es daher gelänge eine Theorie des inneren Geschehens aus Principien abzuleiten, die durchaus mit jenen im Einklange stünden, welche für die psychophysischen Wechselwirkungen

[1] Vergl. den zweiten Abschnitt.

durch die Erfahrung erhärtet sind, so könnte auch eine solche Theorie als vorbereitet durch die Induction gelten, da jede Betrachtung des Geschehens die Annahme eines Zusammenhangs der Erscheinungen voraussetzen muss. Dagegen wird das zweite der oben angeführten Erfordernisse, die bestätigende Controle durch messende Beobachtung, allerdings nie erfüllt werden können, weil sich die innern Wechselwirkungen einer eigentlichen Messung entziehen. In dieser Beziehung würde also der Theorie immer der Schlussstein zu ihrem Gebäude fehlen. Statt dessen müsste sie sich mit der allgemeinen Nachweisung begnügen, dass die inneren Vorgänge, so weit sie ohne Messung zu controliren sind, im allgemeinen mit den gewonnenen Resultaten im Einklange stehen. Selbst in diesem beschränkteren Sinne wird aber einer mathematischen Behandlung der Boden entzogen, so lange die Gesetze der psychophysischen Wechselwirkungen, trotz der psychologischen Bedeutung, die ihnen zukommt, auf das Gebiet der reinen Selbstbeobachtung nicht zu übertragen sind. In diesem Fall bleibt nur die Thatsache, dass das innere Geschehen so zu sagen einen mathematischen Charakter an sich trägt, insofern Alles was in uns vorgeht dem Begriff der Grösse sich unterordnet. Immerhin wird aber auch dann die innere Erfahrung im Geiste mathematischer Betrachtung untersucht werden können, wenn gleich zur wirklichen Rechnung nirgends zureichende Anhaltspunkte geboten sind. Dies ist in der That der Standpunkt, welchen auch die Experimentalpsychologie im allgemeinen einhalten muss, sobald sie auf diejenigen Gebiete der innern Erfahrung übergeht, in denen für den messenden Versuch kein Raum mehr ist.

2. Psychologische Vorbegriffe.

Der menschliche Geist vermag es nicht Erfahrungen zu sammeln, ohne sie gleichzeitig mit seiner Speculation zu verweben. Das erste Resultat solchen natürlichen Nachdenkens ist das Begriffssystem der Sprache. In allen Gebieten menschlicher Erfahrung gibt es daher gewisse Begriffe, welche die Wissenschaft, ehe sie an ihr Geschäft geht, bereits vorfindet, als Ergebnisse jener ursprünglichen Reflexion, die in den Begriffssymbolen der Sprache ihre bleibenden Niederschläge zurückliess. So sind Wärme und Licht Begriffe aus dem Gebiete der äussern Erfahrung, welche unmittelbar aus der sinnlichen Empfindung hervorgingen. Die heutige Physik ordnet beide dem allgemeinen Begriff der Bewegung unter. Aber es wäre nicht möglich gewesen dieses Ziel zu erreichen, ohne dass man die Begriffe des gemeinen Bewusstseins vorläufig angenommen und mit ihrer Untersuchung begonnen hätte. Nicht anders sind Seele, Geist, Vernunft, Verstand etc. Begriffe, welche vor jeder wissenschaftlichen Psychologie existirten. In der Thatsache, dass das natürliche Bewusstsein überall die innere Erfahrung als eine gesonderte Erkenntnissquelle darstellt, kann daher die Psychologie einstweilen ein hinreichendes Zeugniss ihrer Berechtigung als Wissenschaft erblicken, und indem sie dies thut, adoptirt sie zugleich den Begriff

Seele, um eben damit das ganze Gebiet der innern Erfahrung zu umgrenzen. Seele heisst uns demnach das Subject, dem wir alle einzelnen Thatsachen der innern Beobachtung als Prädicate beilegen. Jenes Subject selbst ist überhaupt nur durch seine Prädicate bestimmt, die Beziehung der letzteren auf eine gemeinsame Grundlage soll nichts weiter als ihren gegenseitigen Zusammenhang ausdrücken. Hiermit scheiden wir sogleich eine Bedeutung aus, die das natürliche Sprachbewusstsein immer mit dem Begriff Seele verbindet. Ihm ist die Seele nicht bloss ein Subject im logischen Sinne sondern eine Substanz, ein reales Wesen, als dessen Aeusserungen oder Handlungen die sogenannten Seelenthätigkeiten aufgefasst werden. Hierin liegt aber eine metaphysische Annahme, zu welcher die Psychologie möglicher Weise am Schlusse ihrer Arbeit geführt werden kann, welche sie jedoch unmöglich schon vor dem Eintritt in dieselbe ungeprüft adoptiren darf. Auch gilt von dieser Annahme nicht, was von der Unterscheidung der innern Erfahrung überhaupt gesagt wurde, dass sie nämlich nothwendig sei, um die Untersuchung in Fluss zu bringen. Die Symbole, welche die Sprache zur Bezeichnung gewisser Gruppen von Erfahrungen geschaffen hat, tragen noch heute die Kennzeichen an sich, dass sie ursprünglich nicht bloss im allgemeinen abgesonderte Wesen, Substanzen, sondern dass sie selbst persönliche Wesen bedeutet haben. Die unvertilgbarste Spur solcher Personification der Substanzen ist in dem Genus zurückgeblieben. Der Verstand hat diese phantasievolle Beziehung der Begriffssymbole allmälig abgeschliffen. Theils hat die Personification der Substanzen, theils sogar die Substantialisirung der Begriffe ein Ende genommen. Aber wer wollte desshalb auf den Gebrauch der Begriffe selber und auf ihre Bezeichnung Verzicht leisten? Wir reden von Ehre, Tugend, Vernunft, ohne irgend einen dieser Begriffe in eine Substanz übersetzt zu denken. Aus metaphysischen Substanzen sind sie zu logischen Subjecten geworden. So betrachten wir denn auch die Seele vorläufig lediglich als logisches Subject der innern Erfahrung, eine Auffassung, die das unmittelbare Resultat der von der Sprache geübten Begriffbildung ist, gereinigt jedoch von jenen Zusätzen einer unreifen Metaphysik, welche überall das natürliche Bewusstsein in die von ihm geschaffenen Begriffe hineinträgt.

Ein ähnliches Verfahren wird in Bezug auf diejenigen Begriffe verfolgt werden müssen, die wir theils für besondere Beziehungen der innern Erfahrung, theils für einzelne Gebiete derselben vorfinden. So stellt die Sprache zunächst der Seele den Geist gegenüber. Beide sind Wechselbegriffe für eins und dasselbe, denen im Gebiet der äussern Erfahrung Leib und Körper entsprechen. Körper ist jeder Gegenstand der äussern Erfahrung, wie er sich unmittelbar unsern Sinnen darbietet, ohne Be-

ziehung auf ein demselben zukommendes inneres Sein: Leib ist der Körper, wenn er mit eben dieser Beziehung gedacht wird. Aehnlich heisst Geist das innere Sein, wenn dabei keinerlei Zusammenhang mit einem äusseren Sein in Rücksicht fällt, wogegen bei der Seele, namentlich wenn sie dem Geiste gegenübergestellt wird, gerade die Verbindung mit einer leiblichen, der äussern Erfahrung gegebenen Existenz vorausgesetzt ist.

Während Seele und Geist das Ganze der innern Erfahrung umfassen, wobei nur die Beziehung, in der diese genommen wird, eine verschiedene ist, werden durch die sogenannten Seelenvermögen vielmehr die einzelnen Gebiete derselben bezeichnet, wie sie in der Selbstbeobachtung unmittelbar von einander sich abgrenzen. In den Begriffen Sinnlichkeit, Gefühl, Verstand, Vernunft u. s. w. trägt uns also die Sprache eine Classification der unserer Selbstbeobachtung gegebenen Vorgänge entgegen, die wir, an diese Ausdrücke gebunden, im Ganzen kaum antasten können. Wohl aber ist die genaue Definition dieser Begriffe und ihre Einfügung in eine systematische Ordnung durchaus Sache der Wissenschaft. Wahrscheinlich haben die Seelenvermögen ursprünglich nicht bloss verschiedene Theile des innern Erfahrungsgebietes, sondern ebenso viele verschiedene Wesen bezeichnet, über deren Verhältniss zu jenem Gesammtwesen, das man Seele oder Geist benannte, sich wohl keine bestimmte Vorstellung bildete. Aber die Substantialisirung dieser Begriffe liegt so weit zurück in den Fernen mythologischer Naturanschauung, dass es einer Warnung vor der voreiligen Aufstellung metaphysischer Substanzen hier nicht erst bedarf. Trotzdem hat eine Nachwirkung der mythologischen Auffassung bis in die neuere Wissenschaft sich vererbt. Sie besteht darin, dass den genannten Begriffen noch eine Spur des mythologischen Kraftbegriffs anhaftet: sie werden nicht bloss als Classenbezeichnungen für bestimmte Gebiete der innern Erfahrung angesehen, was sie in der That sind, sondern man hält sie vielfach für Kräfte, durch welche die einzelnen Erscheinungen hervorgebracht werden. Der Verstand gilt für die Kraft, durch welche wir Wahrheiten einsehen, das Gedächtniss für die Kraft, welche Vorstellungen zu künftigem Gebrauche aufbewahrt u. s. w. Der unregelmässige Eintritt dieser Kräftewirkungen hat aber auf der andern Seite gegen den Namen einer eigentlichen Kraft Bedenken erregt, und so ist der Ausdruck Seelenvermögen entstanden. Denn unter einem Vermögen versteht man dem Wortsinne nach eine solche Kraft, die nicht nothwendig und unabänderlich wirken muss, sondern die nur wirken kann. Der Ursprung aus dem mythologischen Kraftbegriff fällt hier unmittelbar in die Augen. Das Urbild für das Wirken einer derartigen Kraft ist offenbar das menschliche Handeln. Die ursprüngliche Bedeutung des Vermögens ist die eines handelnden Wesens. So liegt schon in der ersten Bildung der psychologi-

schen Begriffe der Keim zu jener Vermengung von Classification und Erklärung, welche einen gewöhnlichen Fehler der empirischen Psychologie bildet. Die allgemeine Bemerkung, dass die Seelenvermögen Classenbegriffe sind, welche der beschreibenden Psychologie zugehören, enthebt uns der Nothwendigkeit ihnen schon hier ihre Bedeutung anzuweisen. In der That liesse sich eine Naturlehre der innern Erfahrung denken, in der von Sinnlichkeit, Verstand, Vernunft, Gedächtniss u. s. w. gar nicht die Rede wäre. Denn unmittelbar in unserer Selbstbeobachtung gibt es nur einzelne Vorstellungen, Gefühle und Triebe. Erst nachdem diese Elementarphänomene der innern Erfahrung zergliedert sind, wird daher auch die wahre Bedeutung jener Classenbegriffe sich feststellen lassen.

Der obigen Betrachtung mögen hier noch einige kritische Bemerkungen über die Wechselbegriffe Seele und Geist, sowie über die Lehre von den Seelenvermögen sich anschliessen.

a. Seele und Geist. Von der Seele trennt unsere Sprache den Geist als einen zweiten Substanzbegriff, dessen unterscheidendes Merkmal darin gesehen wird, dass er nicht, wie die Seele, durch die Sinne nothwendig an ein leibliches Dasein gebunden erscheint, sondern entweder mit einem solchen in bloss äusserer Verbindung steht oder sogar völlig von demselben befreit ist. Der Begriff des Geistes wird daher in einer doppelten Bedeutung gebraucht: einmal für die Grundlage derjenigen inneren Erfahrungen, von welchen man annimmt, dass sie von der Thätigkeit der Sinne unabhängig seien; sodann um solche Wesen zu bezeichnen, denen überhaupt gar kein leibliches Sein zukommen soll. Die Psychologie hat sich natürlich mit dem Begriff nur in seiner ersten Bedeutung zu beschäftigen, übrigens ist unmittelbar einleuchtend, dass diese zur zweiten fast von selbst führen muss, da nicht einzusehen ist, warum der Geist nicht auch als völlig ungetrennte Substanz vorkommen sollte, wenn seine Verbindung mit dem Leibe nur eine äusserliche, gewissermassen zufällige ist.

Das philosophische Nachdenken konnte das Verhältniss von Seele und Geist nicht in der Unbestimmtheit belassen, mit welcher sich das gemeine Bewusstsein zufrieden gab. Sind Seele und Geist verschiedene Wesen, ist die Seele ein Theil des Geistes oder dieser ein Theil der Seele? Der älteren Speculation merkt man deutlich die Verlegenheit an, welche sie dieser Frage gegenüber empfindet. Einerseits wird sie durch den Zusammenhang der inneren Erfahrungen dazu getrieben, eine einzige Substanz als Grund derselben zu setzen, anderseits scheint ihr aber auch eine Trennung der in der sinnlichen Vorstellung befangenen und der abstracteren geistigen Thätigkeit unerlässlich zu sein. So bleibt neben dem grossen Dualismus zwischen Geist und Körper der beschränktere zwischen Geist und Seele bestehen, ohne dass es der alten Philosophie gelungen wäre, denselben vollständig zu beseitigen, ob sie nun mit Plato die Substantialität der Seele aufzuheben versucht, indem sie die Seele als eine Mischung von Geist und Körper auffasst[1], oder ob sie mit Aristoteles durch Uebertragung des von der Seele abstrahirten Begriffes auf den Geist an Stelle

---

1) Timaeos 35.

der Einheit der Substanz eine übereinstimmende Form der Definition setzt[1]. Die neuere spiritualistische Philosophie ist im allgemeinen mehr den Spuren PLATOS gefolgt, hat aber entschiedener als er die Einheit der Substanz für Geist und Seele festgehalten. So kam es, dass überhaupt die scharfe Unterscheidung der Begriffe aus der wissenschaftlichen Sprache verschwand. Wenn je noch ein Unterschied gemacht wurde, so nahm man entweder mit WOLFF den Geist als den allgemeinen Begriff, unter dem die individuelle Seele enthalten sei[2], oder man confundirte den Geist mit den unten zu erwähnenden Seelenvermögen, indem man ihn als eine Generalbezeichnung bald für die so genannten höheren Seelenvermögen, bald für das Erkenntnissvermögen beibehielt; im letzteren Fall wurde dann das Fühlen und Begehren im Gemüth zusammengefasst und demnach die ganze Seele in Geist und Gemüth gesondert, ohne dass man jedoch unter beiden besondere Substanzen verstanden hätte. Bisweilen wurde auch wohl zwischen den Begriffen Geist und Seele ein blosser Gradunterschied angenommen und so dem Menschen ein Geist, den Thieren aber nur eine Seele zugesprochen. So verliert diese Unterscheidung immer mehr an Bestimmtheit, während zugleich der Begriff des Geistes seine substantielle Eigenschaft einbüsst. Wollen wir demselben hiernach eine Bedeutung anweisen, welche der weiteren Untersuchung nicht vorgreift, so lässt sich dieselbe nur dahin feststellen, dass der Geist gleichfalls das Subject der innern Erfahrung bezeichnet, dass aber in ihm abstrahirt ist von den Beziehungen dieses Subjectes zu einem leiblichen Wesen. Die Seele ist das Subject der innern Erfahrung mit den Bedingungen, welche dieselbe durch ihre erfahrungsmässige Gebundenheit an ein äusseres Dasein mit sich führt; der Geist ist das nämliche Subject ohne Rücksicht auf diese Gebundenheit. Hiernach werden wir immer nur dann vom Geist und von geistigen Erscheinungen reden, wenn wir auf diejenigen Momente der innern Erfahrung, durch welche dieselbe von unserer sinnlichen, d. h. der äussern Erfahrung zugänglichen Existenz abhängig ist, kein Gewicht legen. Diese Definition lässt es vollkommen dahingestellt, ob dem Geistigen jene Unabhängigkeit von der Sinnlichkeit wirklich zukommt. Denn man kann von einer oder mehreren Seiten einer Erscheinung absehen, ohne darum zu leugnen, dass diese Seiten vorhanden sind.

b. Die Seelenvermögen. Es ist längst das Bestreben der Philosophen gewesen, die vielen Seelenvermögen, welche die Sprache unterscheidet, wie Empfindung, Gefühl, Verstand, Vernunft, Begierde, Einbildungskraft, Gedächtniss u. s. w., auf einige allgemeinere Formen zurückzuführen. Schon im Platonischen Timäos findet sich eine Dreitheilung der Seele angedeutet, die der Unterscheidung des Erkenntniss-, Gefühls- und Begehrungsvermögens entspricht. Dieser Dreitheilung geht aber eine Zweitheilung in niederes und höheres Seelenvermögen parallel, wovon das erstere, die Sinnlichkeit, als der sterbliche Seelentheil zugleich Begierde und Gefühl umfasst, während das zweite, die unsterbliche Vernunft, mit der Erkenntniss sich deckt. Das Gefühl oder der Affect gilt hierbei ebenso als vermittelnde Stufe zwischen Begehren und Ver-

[1] Die Aristotelische Definition der Seele im allgemeinen als »erste Entelechie eines der Möglichkeit nach lebenden Körpers« gilt nämlich auch für den von der Sinnlichkeit unabhängigen Geist, den νοῦς ποιητικός, der aber, weil er die Wirklichkeit der Seele selbst sei, abtrennbar von dem Körper gedacht werden könne, was bei den übrigen Theilen der Seele nicht der Fall ist. De anima III, 5 am Schlusse.

[2] Psychologia rationalis, § 643 u. f.

nunft. wie die wahre Vorstellung zwischen den sinnlichen Schein und die Erkenntniss sich einschiebt. Aber während die Empfindung ausdrücklich mit der Begierde auf den nämlichen Theil der Seele bezogen wird[1], scheinen das vermittelnde Denken (die διάνοια) und der Affect nur in analoge Beziehungen zur Vernunft gesetzt zu werden. Es machen demnach diese Classificationsversuche den Eindruck, als wenn PLATO seine beiden Eintheilungsprincipien, von denen dem einen die Beobachtung eines fundamentalen Unterschieds zwischen den Phänomenen des Erkennens, Fühlens und Begehrens, dem andern die Wahrnehmung einer Stufenfolge im Erkenntnissprocess zu Grunde lag, unabhängig neben einander gebildet und erst nachträglich den Versuch gemacht habe, das eine auf das andere zurückzuführen, was ihm aber nur unvollständig gelang. Bei ARISTOTELES sondert sich die Seele, da er sie als das Princip des Lebens auffasst, nach der Stufenfolge der vornehmlichsten Lebenserscheinungen in Ernährung, Empfindung und Denkkraft. Zwar führt er gelegentlich noch andere Seelenvermögen an; doch ist deutlich, dass er jene drei als die allgemeinsten betrachtet, indem er insbesondere auch das Begehren der Empfindung unterordnet[2]. Hatte PLATO bei seiner Dreitheilung die Eigenschaften der Seele nach ihrem ethischen Werth gemessen, so gewann ARISTOTELES die seinige, conform seinem Begriff von der Seele, aus den Hauptclassen der lebenden Wesen: ernährend ist die Seele der Pflanze, ernährend und empfindend die thierische, ernährend, empfindend und denkend die menschliche. Eben diese in der Beobachtung der verschiedenartigen Wesen gegebene Trennbarkeit der drei Vermögen war wohl die ursprüngliche Veranlassung der Classification. Mag aber auch der Ausgangspunkt derselben ein abweichender sein, so fällt sie doch offenbar, sobald wir von der Unterscheidung der Ernährung als einer besonderen Seelenkraft absehen, mit der Platonischen Zweitheilung in Sinnlichkeit und Vernunft zusammen und kann also ebenso wenig wie irgend einer der späteren Versuche als ein wirklich neues System betrachtet werden.

Unter den Neueren hat der vorzüglichste psychologische Systematiker, WOLFF, wieder die beiden Platonischen Eintheilungen neben einander benutzt, dabei aber das Gefühls- dem Begehrungsvermögen untergeordnet. Hierdurch schreitet sein ganzes System in einer Zweitheilung fort. Er sondert zunächst Erkennen und Begehren und trennt sodann jedes derselben in einen niederen und einen höheren Theil. Die weitere Eintheilung erhellt aus der folgenden Uebersichtstafel.

I. Erkenntnissvermögen.	II. Begehrungsvermögen.
1. Niederes Erkenntnissvermögen.	1. Niederes Begehrungsvermögen.
Sinn. Einbildungskraft. Dichtungsvermögen. Gedächtniss Vergessen und Erinnern.	Lust und Unlust. Sinnliche Begierde und sinnlicher Abscheu. Affecte.
2. Höheres Erkenntnissvermögen.	2. Höheres Begehrungsvermögen.
Aufmerksamkeit und Reflexion. Verstand[3].	Wollen und Nichtwollen. Freiheit.

---

[1] Timaeos 77.
[2] De anima II, 2, 3.
[3] Begriff, Urtheil und Schluss bezeichnet WOLFF als die drei Operationen des Verstandes, führt also keines derselben auf ein besonderes Vermögen zurück, die Ver-

Ein wesentlicher Fortschritt dieses Systems lag darin, dass es das Gefühls- und Begehrungsvermögen nicht auf den Affect und das sinnliche Begehren beschränkte, sondern ihm denselben Umfang wie der Erkenntniss gab, so dass von einem ethischen Werthunterschied nicht mehr die Rede war. Dagegen ist ersichtlich, dass bei der Unterscheidung der in den vier Hauptclassen aufgeführten einzelnen Vermögen kein systematisches Princip maassgebend ist, sondern dass dieselben rein empirisch an einander gereiht sind. In der WOLFF'schen Schule wurde diese Eintheilung manchfach modificirt. Namentlich wurden bald Erkenntniss und Gefühl als die beiden Hauptvermögen bezeichnet, bald wurde das Fühlen dem Erkennen und Begehren als drittes und mittleres hinzugefügt. Die letztere Classification ist es, die KANT adoptirt hat. WOLFF wird schon in der empirischen Seelenlehre von dem Bestreben geleitet, die verschiedenen Vermögen aus einer einzigen Grundkraft, der vorstellenden Kraft, abzuleiten, und seine rationale Psychologie ist zu einem grossen Theil jener Aufgabe gewidmet. Seine Schüler sind hierin zum Theil noch weiter gegangen. KANT missbilligte solche Versuche gegebene Unterschiede um eines blossen Strebens nach Einheit willen verwischen zu wollen. Dennoch ragt auch bei ihm die Erkenntniss über die beiden andern Seelenkräfte herüber, da jeder derselben ein besonderes Vermögen in der Sphäre des Erkennens entspricht. In dieser Beziehung der drei Grundvermögen auf die Formen der Erkenntnisskraft besteht das Eigenthümliche der KANT'schen Psychologie. Während WOLFF und die Späteren, welche die Quellen der innern Erfahrung auf eine einzige zurückzuführen suchten, diese in der Erkenntniss oder in ihrem Hauptphänomen, der Vorstellung, zu finden glaubten, behauptete KANT die ursprüngliche Verschiedenartigkeit des Erkennens, Fühlens und Begehrens. Ueber diese drei Grundkräfte erstreckt sich nur insofern das Erkenntnissvermögen, als es gesetzgeberisch auch für die beiden andern auftritt: denn es erzeugt sowohl die Naturbegriffe wie den Freiheitsbegriff, der den Grund zu den praktischen Vorschriften des Willens enthält, ausserdem die zwischen beiden stehenden Zweckmässigkeits- und Geschmacksurtheile. Demnach sagt KANT von dem Verstand im engeren Sinne, er sei gesetzgeberisch für das Erkenntnissvermögen, die Vernunft für das Begehrungsvermögen, die Urtheilskraft für das Gefühl [1]. Verstand, Urtheilskraft und Vernunft werden dann aber auch zusammen als Verstand im weiteren Sinne bezeichnet [2]. Anderseits adoptirt KANT zwar die Unterscheidung eines unteren und oberen Erkenntnissvermögens, von denen das erstere die Sinnlichkeit, das zweite den Verstand umfasst: aber er verwirft die Annahme eines blossen Gradunterschiedes beider. Die Sinnlichkeit ist ihm vielmehr die receptive, der Verstand die active Seite der Erkenntniss [3]. In seinem kritischen Hauptwerk ist daher die Sinnlichkeit geradezu dem Verstande gegenübergestellt: dieser für sich vermittelt die reinen, in Verbindung mit der Sinnlichkeit die empirischen Begriffe [4].

In dieser ganzen Entwicklung sind offenbar hauptsächlich drei Momente

nunft handelt er, neben dem ingenium, der Kunst des Erfindens, Beobachtens etc. unter den natürlichen Dispositionen des Verstandes ab. Psychologia empirica. Edit. nov. Francof. et Lipsiae 1738.

1) Kritik der Urtheilskraft S. 14 u. f. Werke von ROSENKRANZ Bd. 4.

2) Anthropologie S. 100 u. 104. Werke, Bd. 7, Abth. 2.

3) Anthropologie S. 28.

4) Kritik der reinen Vernunft S. 31, 55.

aus einander zu halten: erstens die Unterscheidung der drei Seelenvermögen, zweitens die Dreigliederung des oberen Erkenntnissvermögens und drittens die Beziehung, in welche die letztere zu den drei Hauptvermögen gebracht wird. Das erste stammt im wesentlichen aus der WOLFF'schen Psychologie, die beiden andern sind KANT eigenthümlich. Die frühere Philosophie hatte im allgemeinen als Vernunft (λόγος) jene Thätigkeit des Geistes bezeichnet, welche durch Schliessen (ratiocinatio) über die Gründe der Dinge Rechenschaft gibt. Dabei wurde aber bald im Sinne des Neuplatonismus die Vernunft dem Verstande (νοῦς, intellectus) untergeordnet, da dieser ein unmittelbares Wissen enthalte, während die Thätigkeit des Schliessens eine Vermittelung mit der Sinnenwelt bedeute, bald wurde sie, da sie die Einsicht in die letzten Gründe der Dinge bewirke, dem Verstande übergeordnet, bald endlich als eine besondere Form der Bethätigung des Verstandes betrachtet. Für alle drei Auffassungen finden sich Beispiele in der scholastischen Philosophie. Diese verschiedene Werthschätzung der Vernunft hat augenscheinlich darin ihre Ursache, dass man das Wort ratio in doppeltem Sinne gebraucht: einmal für den Begriff des Grundes zu einer gegebenen Folge einzelner Wahrheiten, und sodann für die Fähigkeit der ratiocinatio, des Folgerns der Einzelwahrheiten aus ihren Gründen. Obgleich nun die ratio ursprünglich wohl nur in der letztgenannten Bedeutung, als Schlussvermögen, zu den Seelenvermögen gerechnet wurde, so hat man doch später auch die ratio im ersteren Sinne, den Grund, in ein solches übersetzt und sie demnach als ein Vermögen der Einsicht in die Gründe der Dinge bestimmt. Wurde vorwiegend auf die letztere Bedeutung Werth gelegt, so erschien dann die Vernunft geradezu als Organ der religiösen und moralischen Wahrheiten, die, weil sie aus den Verstandesbegriffen nicht zu deduciren seien, auf eine höhere Erkenntnissquelle hinweisen sollen, als welche man nun naturgemäss jenes Seelenvermögen betrachtete, das sich auf die Gründe der Dinge beziehe. So wurde die Vernunft zu einem metaphysischen Vermögen im Unterschied vom Verstande, dessen Begriffe immer auf die Erfahrungen des äussern oder innern Sinnes beschränkt bleiben. Eine Vermittelung zwischen beiden Formen des Begriffs konnte man darin finden, dass sich die allgemeinen Vernunftwahrheiten als die letzten Vordersätze betrachten liessen, von welchen die Vernunftschlüsse ausgehen, wie LEIBNIZ an dem Beispiel der mathematischen Demonstrationen erläuterte[1]. In diesem doppeldeutigen Sinne wurde dann die Vernunft von den Psychologen als das Vermögen definirt, durch welches wir den Zusammenhang der allgemeinen Wahrheiten einsehen[2]. KANT ging zunächst von der ersten jener Auffassungen aus, welche den Verstand als das Vermögen der Begriffe, die Vernunft als das Schlussvermögen betrachtet. Es mochte ihm um so näher liegen, den hierin angebahnten Versuch einer Gliederung des oberen Erkenntnissvermögens nach Anleitung der Logik vollends durchzuführen, als ihm Aehnliches bereits in der Ableitung der Kategorieen geglückt war. Da zwischen Begriff und Schluss das Urtheil steht, so nahm er also zwischen Verstand und Vernunft als mittleres Vermögen die Urtheilskraft an. Nun hatte aber KANT in seinem kritischen Hauptwerk die beiden Seiten des Vernunftbegriffes in eine tiefere Beziehung zu bringen gesucht, indem er darauf hinwies, dass die Vernunft, wie sie in dem Schlusse ein Urtheil unter seine allgemeine

---

1 Opera philos. ed. ERDMANN, p. 393.
2 WOLFF, psychologia empirica, §. 483.

Regel subsumire, so auch diese Regel wieder unter eine höhere Bedingung unterordnen müsse. bis sie endlich bei dem Unbedingten angelangt sei. Die Idee des Unbedingten in ihren verschiedenen Formen blieb somit als Eigenthum der Vernunft übrig, während alle Begriffe und Grundsätze a priori, aus welchen die Vernunft als Schlussvermögen einzelne Urtheile ableitet, und welche die frühere Philosophie zum Theil ebenfalls der reinen Vernunfterkenntniss zugerechnet hatte, ausschliessliches Eigenthum des Verstandes wurden. So gerieth die Vernunft bei KANT in eine eigenthümliche Doppelstellung: als Schlussvermögen war sie gewissermassen die Dienerin des Verstandes, welche die von letzterem aufgestellten Begriffe und Grundsätze anzuwenden hatte; als Vermögen der Ideen war sie dagegen, als durchaus auf transcendente Grundsätze gerichtet, weit über dem Verstande erhaben, der, nur dem empirischen Zusammenhang der Erscheinungen zugekehrt, der Vernunftidee höchstens als einem regulativen Princip folgen soll, welches ihm die Richtung nach einer Zusammenfassung der Erscheinungen in ein absolutes Ganzes vorschreibe, von welcher der Verstand selbst keinen Begriff besitze. Was aber hier die Vernunft als Erzeugerin der Ideen des Unbedingten an Erhabenheit gewann, das verlor sie durch ihre gänzliche Unfruchtbarkeit für die Erkenntniss. Selbst das regulative Princip, das sie angeblich dem Verstande an die Hand gibt, ist in Wirklichkeit nicht in ihren Ideen, sondern schon in ihrer Thätigkeit als Schlussvermögen enthalten, welches zu jedem Urtheil die Aufsuchung der Prämissen fordert. Weiter reicht aber die Bethätigung der Vernunft als regulatives Princip des Verstandes nirgends. Sobald sie eine Seelensubstanz oder eine höchste Endursache u. dgl. annimmt, wird sie constitutiv, mag auch eine solche Annahme nur als Hypothese zur Verknüpfung der Erscheinungen eingeführt und die Absicht, damit einen wirklichen Erkenntnissbegriff bezeichnen zu wollen, noch so sehr zurückgewiesen werden. Entzieht man nun den Vernunftideen diese letzte erkenntnisstheoretische Bedeutung, so bleibt gar nichts übrig als die Thatsache der Existenz jener Ideen, der jedoch sogleich die Warnung mitgegeben wird, dass man sich hüten müsse, hieraus auf die Existenz ihrer Urbilder zu schliessen oder überhaupt irgend einen theoretischen Gebrauch von ihnen zu machen. Bekanntlich hat aber KANT die constitutive Bedeutung, welche die Vernunftideen auf theoretischem Gebiete nicht besitzen, ihnen für den praktischen Gebrauch vorbehalten. In diesem machen sich nach seiner Ansicht Grundsätze a priori geltend, welche durch die imperative Form, in der sie Gehorsam fordern, ihre eigene Wahrheit sowie die Wahrheit der Idee, aus welcher sie entspringen, der Freiheit des Willens, beweisen und eben damit auch wenigstens die Möglichkeit der andern Vernunftideen darthun sollen[1]. Wie der Verstand für die Erkenntniss, so ist demnach die Vernunft gesetzgebend für das Begehrungsvermögen. Man sieht leicht, dass hier von der Vernunft nur in ihrer zweiten Bedeutung als dem Vermögen der Ideen die Rede sein kann. Die praktische Verwirklichung der Freiheitsidee in dem Sittengebot entscheidet den in den Antinomieen der reinen Vernunft geführten Streit zwischen Freiheit und Nothwendigkeit zu Gunsten der ersteren[2]. Betrachtet man jedoch den Antinomieenstreit bloss theoretisch, und erwägt man, dass derelbe in der Vernunft als dem Schlussvermögen seinen Grund hat, welches zu jeder Folge eine Bedingung zu finden fordert, so kann

1) Kritik der prakt. Vernunft S. 106. Werke Bd. 8.
2) Kritik der reinen Vernunft S. 353.

nicht zweifelhaft sein, dass im rein theoretischen Betracht die Antithese Recht behält, welche nirgends bei einem Anfang der Reihe der Bedingungen anzuhalten gestattet und demnach jene Idee des Unbedingten als eine blosse Fiction erscheinen lässt, welche die Vernunft sich erlaubt, um die Totalität der Bedingungen auszudrücken, ohne desshalb aber zu gestatten, dass in dem Aufsteigen von Bedingung zu Bedingung jemals ein Halt gemacht werde. In der That gibt auch KANT selbst, obgleich er anscheinend den Streit unentschieden lässt, nachträglich der Antithese Recht, indem er die Vereinigung des Sittengesetzes und des Naturgesetzes nur dadurch für möglich erklärt, dass das erstere für den Menschen an sich selbst, das letztere aber für ihn als Erscheinung Gültigkeit besitze[1]), wobei freilich die Frage schwierig bleibt, wie der Mensch als Noumenon doch auch wieder zum Phänomenon werden könne, da ja die Idee der Freiheit in ihrer praktischen Bethätigung als Causalität in der Reihe der Erscheinungen auftritt. Im Geiste der KANTischen Kritik kann man diesen Widerspruch wohl darin gelöst finden, dass der Mensch als Erscheinung und als Wesen an sich selbst zwei verschiedene Maximen der Beurtheilung nöthig macht, insofern eine und dieselbe Handlung als Erscheinung in der Kette der Naturbedingungen betrachtet am Massstab der Causalität, als Ausfluss der eigensten Natur des Menschen aber am Massstab der Freiheit gemessen werden soll. Immerhin wird auch so die Schwierigkeit nicht gehoben, weil das Sittengesetz, obgleich es nur von praktischer Anwendung sein sollte, doch unversehens dann benutzt wird, um aus ihm theoretische Erkenntniss zu ziehen, wie aus der Behauptung hervorgeht, der von praktischen Ideen bestimmte Mensch sei der Mensch an sich selbst, wornach die praktische Idee gerade eine solche Erkenntniss vermittelt, zu welcher die speculative Vernunft immer vergebliche Anstrengungen macht, nämlich die Erkenntniss des Dinges an sich.

Somit ist KANT zu der ihm eigenthümlichen Anwendung der drei Theile des oberen Erkenntnissvermögens auf die drei Hauptvermögen der Seele zunächst durch die Beziehung geführt werden, in welche sich ihm die Vernunft zum Begehrungsvermögen setzte. Da nun der Verstand ohnehin schon in der früheren Psychologie mit dem Erkenntnissvermögen selbst sich deckte, so blieb für das zwischen Erkennen und Begehren stehende Gefühl nur die in ähnlicher Weise zwischen dem Begriffs- und Schlussvermögen stehende Urtheilskraft übrig. Dass bei der Beziehung der letzteren auf das Gefühl in erster Linie diese Analogie massgebend gewesen ist, geht aus allen Begründungen hervor, die KANT seinem Gedanken gegeben hat[2]). Nimmt man nun hinzu, dass anderseits die Vernunft als Schlussvermögen, als welches sie doch in jene Dreigliederung des oberen Erkenntnissvermögens eingeht, in gar kein Verhältniss zu dem Begehren gesetzt werden kann, sondern dass dieses erst aus der praktischen Bedeutung einer der transscendenten Vernunftideen hervorgeht, so erhellt ohne weiteres, wie die ganze Beziehung der drei Grundkräfte der Seele auf die drei wesentlichen in der formalen Logik zum Ausdruck kommenden Bethätigungen der Erkenntnisskraft durchaus nur das Product jenes künstlichen Schematisirens nach Anleitung logischer Formen ist, durch welches auch das Licht der Vernunftkritik nicht selten getrübt wird. Der Schematismus hat aber im vorliegenden Falle auch auf die Auffassung der Seelenvermögen seine Rückwirkung geübt.

[1] Kritik der prakt. Vernunft, S. 109.
[2] Kritik der Urtheilskraft, S. 15.

indem Kant seine drei Hauptvermögen überhaupt nur in ihren höheren Aeusserungen berücksichtigt. Wenn es schon zweifelhaft ist, ob das erste Vermögen in der Gesammtheit seiner Erscheinungen passend unter dem Namen der Erkenntniss zusammengefasst werde, so leidet es gar keinen Zweifel, dass die Beschränkung des Lust- und Unlustgefühls auf das ästhetische Geschmacksurtheil und die Beziehung des Begehrungsvermögens auf das Ideal des Guten nicht geeignet sind, einer rein psychologischen Betrachtung zum Ausgangspunkte zu dienen. So bleibt als das eigentliche Resultat der psychologischen Untersuchungen Kant's die ihn von Wolff und seiner Schule unterscheidende Behauptung einer ursprünglichen Verschiedenheit des Erkennens, Fühlens und Begehrens. Seine Beziehung derselben auf die drei Stufen des Erkennens dagegen enthält, da sie selbst in ihrer Anwendung auf die höheren Gefühle und Strebungen auf einer zweifelhaften Grundlage ruht, für die Gesammtheit der psychischen Erscheinungen aber völlig unanwendbar ist, nur ein beachtenswerthes Zeugniss der Thatsache, das auch die schärfste Specification der Seelenerscheinungen wieder nach einem vereinigenden Princip sucht, und dass sich hierzu vorzugsweise das Erkennen zu empfehlen scheint.

Gegen die Form, welche die Theorie der Seelenvermögen vorzugsweise bei Wolff und Kant angenommen, hat Herbart seine Kritik gerichtet. Der wesentliche Inhalt derselben lässt sich in die folgenden zwei Haupteinwände zusammenfassen: Die Seelenvermögen sind erstens blosse Möglichkeiten, welche dem Thatbestand der innern Erfahrung nichts hinzufügen. Nur die einzelnen Thatsachen der letzteren, die einzelne Vorstellung, das einzelne Gefühl u. s. w., kommen der Seele wirklich zu. Eine Sinnlichkeit vor der Empfindung, ein Gedächtniss vor dem Vorrath, den es aufbewahrt, gibt es nicht; jene Möglichkeitsbegriffe können daher auch nicht gebraucht werden, um die Thatsachen aus ihnen abzuleiten [1]. Die Seelenvermögen sind zweitens Gattungsbegriffe, welche durch vorläufige Abstraction aus der innern Erfahrung gewonnen sind, dann aber zur Erklärung dessen verwandt werden was in uns vorgeht, indem man sie zu Grundkräften der Seele erhebt [2]. Beide Einwände erstrecken sich scheinbar über ihr nächstes Ziel hinaus, denn sie treffen Methoden wissenschaftlicher Erklärung, welche fast in allen Naturwissenschaften Anwendung gefunden haben. Auch die physikalischen Kräfte existiren nicht an und für sich, sondern nur in den Erscheinungen, die wir als ihre Wirkungen bezeichnen; vollends die physiologischen Vermögen, Ernährung, Contractilität, Sensibilität u. s. w., sind nichts als »leere Möglichkeiten«. Ebenso sind Schwere, Wärme, Assimilation, Reproduction u. s. w. Gattungsbegriffe, abstrahirt aus einer gewissen Zahl übereinstimmender Erscheinungen, welche in ähnlicher Weise wie die Gattungsbegriffe der innern Erfahrung in Kräfte oder Vermögen umgewandelt worden sind, die nun zur Erklärung der Erscheinungen selber dienen sollen. Wenn wir Empfinden, Denken u. s. w. Aeusserungen der Seele nennen, so scheint in der That der Satz, die Seele besitze das Vermögen zu empfinden, zu denken u. s. w., der unmittelbare Ausdruck einer Begriffbildung, die wir überall da vollziehen, wo ein Gegenstand Wirkungen zeigt, für welche wir in ihm selbst Ursachen voraussetzen müssen. Wider diese Anwendung des Kraftbegriffs im Allgemeinen hat nun auch Herbart nichts einzuwenden,

---

[1] Herbart, Werke, Bd. 7, S. 611.
[2] Herbart, Werke, Bd. 5, S. 214.

zuwenden. Aber er unterscheidet von der Kraft das Vermögen. Kraft setze man überall voraus, wo man den Erfolg als unausbleiblich unter den gehörigen Bedingungen verstehe. Von einem Vermögen rede man dann, wenn ein Erfolg beliebig eintreten oder auch ausbleiben könne[1].

Gegen diese Unterscheidung hat man vielleicht mit Recht geltend gemacht, dass sie sich auf einen Begriff des Vermögens stützt, welcher der unwissenschaftlichsten Form der psychologischen Vermögenstheorie entnommen sei[2]. Dennoch muss zugegeben werden, dass jener Unterschied der Bezeichnung nicht bedeutungslos ist. Der Begriff der Kraft hat durch die Entwicklung der neuern Naturwissenschaft die Bedeutung eines Beziehungsbegriffs erhalten, der überall auf wechselseitig sich bestimmende Bedingungen zurückführt, und der in sich zusammenfällt, sobald man die eine Seite der Bedingungen hinwegnimmt, aus deren Zusammenwirken die Aeusserung der Kraft hervorgeht. Ein richtig gebildeter Kraftbegriff ist es also z. B., wenn alles Streben zur Bewegung, das auf der Beziehung der Körper zu einander beruht, aus einer Gravitationskraft abgeleitet wird, durch welche die Körper wechselseitig ihre Lage im Raume bestimmen. Ein voreiliger Kraftbegriff aber ist es, wenn man die Fallerscheinungen auf eine jedem Körper an und für sich innewohnende Fallkraft zurückführt. Sobald man in dieser Weise die in einem gegebenen Object vorhandenen Bedingungen gewisser Erscheinungen in eine dem Object zukommende Kraft umwandelt, ohne sich auch nach den äussern Bedingungen umzusehen, so fehlt es offenbar an jedem Massstabe, um zu entscheiden, ob eine Verschiedenheit der Wirkungen desselben Objects von einer Verschiedenheit der in ihm vorhandenen oder aber der äusseren Bedingungen herrühre. Es kann daher bald Zusammengehöriges getrennt, bald Getrenntes vereinigt werden, indem man im ersten Fall eine Verschiedenheit der äussern Bedingungen auf eine Verschiedenheit im Gegenstande bezieht und im zweiten Fall statt einer wirklich im letztern vorhandenen Verschiedenheit eine Verschiedenheit der äussern Bedingungen annimmt. Es ist zu vermuthen, dass der erste dieser Fehler häufiger sich einstellen werde, denn Niemand vermag es sich dauernd auf die Betrachtung einer Reihe von Bedingungen aus einer grösseren Summe solcher zu beschränken, ohne dass er geneigt wird jene Reihe für die einzige anzusehen. In der That lehrt die wissenschaftliche Erfahrung, dass diejenigen Anwendungen des Kraftbegriffs, welche von der Einsicht in die äussern Bedingungen der Kraftäusserungen noch Umgang nehmen, in der Regel zu einer Vervielfältigung der Kräfte führen. So sind die Kräfte, welche die ältere Physiologie unterschied, Zeugungs-, Wachsthums-, Bildungskraft u. s. w., häufig ohne Zweifel nur Aeusserungen der nämlichen Kräfte unter verschiedenen Verhältnissen, und in Bezug auf die letzten Specificationen, zu welchen die Lehre von den Seelenvermögen geführt hat, z. B. die Unterscheidung von Wort-, Zahl-, Raumgedächtniss u. dgl., wird das nämliche wohl allgemein zugestanden. Ebenso erklärte, um ein historisch entlegeneres Beispiel zu wählen, die Physik, so lange sie die Bedingungen zu den Erscheinungen der Schwere in den schweren Körpern concentrirt dachte, die Schwereerscheinungen aus mehreren Kräften: den Fall aus einer Fallkraft, die Barometerleere aus dem »horror vacui«, die Planetenbewegungen aus unsichtbaren Armen

[1] Werke, Bd. 7, S. 610.
[2] J. B. Meyer, Kant's Psychologie, S. 116.

der Sonne oder Cartesianischen Wirbeln. Indem von den äusseren Bedingungen der Erscheinungen abstrahirt wird, entsteht zugleich fast überall jener falsche Begriff eines Vermögens, das auf die Gelegenheit seines Wirkens wartet: die Kraft wird zu einem mythologischen Wesen verkörpert. Der Psychologie würde also Unrecht geschehen, wenn man bloss sie dieser Verirrung anklagte. Aber sie hat vor den physikalischen Naturwissenschaften das eine voraus, dass diese ihr vorgearbeitet haben, indem durch dieselben bestimmte Begriffe, die der äussern und innern Erfahrung gemeinsam angehören, von den Fehlern früherer Entwicklungsstufen des Denkens gereinigt sind. Dieser Vortheil schliesst zugleich die Verpflichtung in sich von ihm Gebrauch zu machen. Sollte daher die Psychologie wirklich ausser Stande sein den Begriff der Kraft in dem Sinne, wie er durch die Naturwissenschaften festgestellt ist, als Erklärungsprincip zu benützen, so darf sie dieser schlimmen Lage nicht dadurch entgehen wollen, dass sie jenen Begriff in einer bereits überwundenen Bedeutung anwendet. Einem solchen Verfahren wäre der Verzicht auf jede Erklärung immer noch vorzuziehen. Aber wir werden uns überzeugen, dass auch im Gebiet des innern Geschehens der Begriff der Kraft sich in seiner wahren Bedeutung von selbst darbietet, sobald man die innern Vorgänge nicht sogleich als Aeusserungen einer metaphysischen Substanz oder als Veränderungen einer solchen durch äussere Einwirkungen betrachtet, sondern sobald man sich entschliesst *die psychischen Elementarphänomene in ihrer unmittelbaren Wechselwirkung* in's Auge zu fassen.

Erster Abschnitt.

Physiologische Eigenschaften des Nervensystems.

Erstes Capitel.

Allgemeine Beziehungen des Nervensystems zum Gesammtorganismus.

Ueberall wo räumlich getrennte Theile eines lebenden Körpers sich zu gemeinsamer Verrichtung vereinigen, da wird dieses Zusammenwirken der Organe vermittelt durch ein N e r v e n s y s t e m. Im Gegensatze zur Pflanze, die in getrennte Functionsheerde zerfällt, zwischen denen nur bei unmittelbarer Berührung eine Wechselwirkung stattfinden kann, ist die functionelle Gemeinschaft von einander geschiedener Theile das wesentliche Attribut t h i e r i s c h e r Organisation. Das Nervensystem als der Träger dieser Gemeinschaft ist daher das hervorstechendste Merkmal des thierischen Baues. Selbst die einfachsten Thierwesen scheinen wenigstens die erste Anlage jenes Systems zu besitzen, die wahrscheinlich überall in übereinstimmender Form auftritt. Stets nämlich scheint sich der Keim der Thiere bei seiner Entwicklung in z w e i Schichten, eine äussere und eine innere, zu sondern. Die ä u s s e r e wandelt in die Körperbedeckung mit ihrer nächsten Unterlage sich um, sie wird so zur Anlage der a n i m a l e n Gebilde, der Nerven, Sinnesorgane und Muskeln; aus der i n n e r e n gehen die innerhalb der Leibeshöhe gelegenen Organe der Ernährung und der Reproduction hervor [1]).

---

[1] Dass bei den Wirbellosen der verschiedensten Gruppen eine analoge Keimschichtung wie bei den Wirbelthieren stattfindet, hat in Bezug auf die Würmer und Arthropoden namentlich KOWALEVSKY gezeigt. (Memoires de l'acad. de St. Petersb. XVI, 12. Bestätigt wird dies durch KLEINENBERG's Entwicklungsgeschichte der Hydra. Schon bei diesem Acalephen liefert das äussere Keimblatt oder Ectoderm durch Zellensprossung den unter ihm liegenden contractilen Muskelschlauch, ähnlich wie unter dem äusseren Keimblatt der Wirbelthiere die Anlage der quergestreiften Muskulatur entsteht (KLEINENBERG, Hydra, eine entwicklungsgeschichtliche Untersuchung. Leipzig 1872, S. 26.)

Mit der Ausbildung des Nervensystems mehren sich von Stufe zu Stufe die äussern Zeichen seiner Wichtigkeit, bis endlich in den physiologischen Eigenschaften der Wirbelthiere seine dominirende Bedeutung am klarsten sich ausprägt. Schon die Körpergestalt dieser Thiere ist wesentlich bestimmt durch die Form der nervösen Centraltheile. Alle Lebenserscheinungen finden in ihnen ihren beherrschenden Mittelpunkt, und die Entwicklungsgeschichte lehrt, dass bei der Ausbildung der Organe das Nervensystem gleichsam den Krystallisationskern abgibt, von welchem aus die Sonderung der Bildungsmassen beginnt. Sammt den Sinnesflächen und Muskeln, mit allen Organen also, welche die Beziehung des lebenden Wesens zur Aussenwelt vermitteln, geht es aus demjenigen Theil des Keimes hervor, welcher am frühesten von der gemeinsamen Bildungsgrundlage sich absondert. Die scheibenförmige Verdickung, welche zuerst auf dem befruchteten Dotter die Entstehung des Wirbelthieres andeutet, der Fruchthof, enthält zunächst nur die Anlage der animalen Organe (Fig. 1). Der dunkle Streif, welcher dieselbe bald in zwei symmetrische Längshälften trennt, der Primitivstreif, bezeichnet mit der Körperaxe des künftigen Organismus die Stelle, wo das zuerst gebildete unter den Centralorganen, das Rückenmark, auftritt. Dieses erscheint über dem Primitivstreif als eine offene Rinne, welche erst später zum Rohre sich schliesst. Das rasche Längenwachsthum der Medullarrinne bewirkt unmittelbar die frühesten Veränderungen des Keimes, dessen innerer Theil, dem Wachsthum der Markanlage folgend, seine ursprünglich kreisrunde in eine ovale oder leyerähnliche Form umwandelt. In der Längsaxe der Markanlage fällt dann bald das Maximum des Wachsthums auf den vordersten Abschnitt, der nun als Erweiterung des Rückenmarks zur Anlage des Gehirns wird.



Fig. 1. Fruchthof des Kaninchens mit der Embryonalanlage. *a* Primitivrinne mit dem Primitivstreif in der Tiefe. *b* Embryonalanlage. *c* Innerer leyerförmiger Theil des Fruchthofs. *d* Aeusserer kreisrunder Theil desselben.

In nächstem Zusammenhang mit dem Nervensystem stehen die Sinnes-

Sogar bei den Spongien tritt nach Häckel bereits die Scheidung in ein äusseres sensorielles und in ein inneres vegetatives Keimblatt auf, doch kommt es bei ihnen noch nicht zur Bildung einer motorischen Mittelschichte. (Häckel, die Kalkschwämme. Berlin 1872, I, S. 469.)

werkzeuge. Die nämliche Schichte des Keims, deren Mitte in die Nervencentren übergeht, bildet in ihren peripherischen Theilen die zellige Bedeckung der äusseren Haut und, neben Theilen, die direct aus dem Gehirn hervorsprossen, die Anlage der höheren Sinneswerkzeuge. Die Beziehung der übrigen Organe des Wirbelthierleibes zu dem Nervensystem, sogar der willkürlichen Muskulatur, ist insofern eine entferntere, als sie sämmtlich aus abgesonderten Schichten des Keimes sich bilden. Aber der bestimmende Einfluss jener centralen Organe spricht auch bei ihnen darin sich aus, dass die Keimschichten selbst, die zur Grundlage ihrer Bildung dienen, sich aus der ursprünglichen Keimanlage der Nerven- und Sinnesapparate entwickelt haben. Die Reihenfolge der Entwicklungen ist hierbei sichtlich von dem Gesetze beherrscht, dass die Theile um so länger ungesondert verbleiben, je näher ihre genetische und functionelle Verwandtschaft ist. So sondert sich denn zuerst von jener oberen Lage der Keimscheibe, aus welcher die Nervencentren und die Hautbedeckung hervorgehen, eine untere Lage ab, welche diejenigen Zellen liefert, die zu Epithel- und Drüsenelementen, sowie zu den glatten Muskelfasern der Eingeweide und Gefässe sich umgestalten. Nun erst wird die ursprüngliche Lage der Keimscheibe

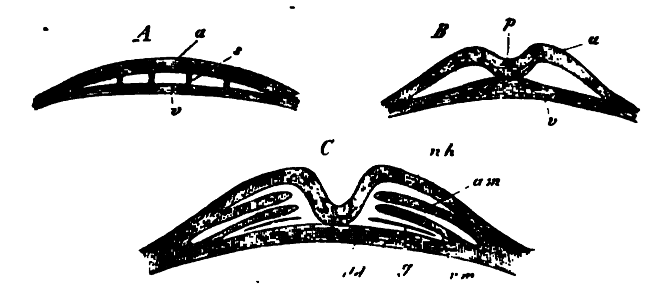


Fig. 2. Erste Sonderung der Embryonalanlage des Wirbelthierkörpers in schematischen Durchschnitten. *a* Animales, *v* vegetatives Blatt. *s* Subgerminale Fortsätze, aus denen sich das letztere Blatt entwickelt. *n* Nerven- und Hornblatt. *am* Animale, *vm* vegetative Muskelplatte. *dd* Darmdrüsenblatt. *g* Gefässblatt. *p* Primitivrinne und Axenstrang (Primitivstreif).

das *obere* oder wegen der Beziehung zu den wichtigsten animalen Organen das *animale Blatt* genannt, während die neu entstandene Lage das *untere* oder, wegen ihrer Bedeutung für den Ernährungsapparat, das *vegetative Blatt* heisst. Das letztere ist aber augenscheinlich ein Entwicklungsproduct des ersten, des animalen Blattes. Die Bildungszellen, welche das vegetative Keimblatt zusammensetzen, beginnen theils am Rande der Keimscheibe hervorzusprossen, theils lösen sie von dessen unterer Fläche sich ab Fig. 2 *A*); die ursprüngliche Keimanlage spaltet sich also nicht eigentlich in die zwei späteren Keimblätter, sondern sie selbst wird zu dem oberen Keimblatt, während das untere als ein neues Gebilde sich

aus ihr entwickelt. In der Axe des Keims verwachsen die beiden Blätter mit einander und bilden so den soliden Axenstrang (chorda dorsalis): er ist es, der schon frühe im Grunde der Medullarrinne als dunkler Primitivstreif sichtbar wird (*p* Fig. 2 *B*).

Erst nachdem die vegetative Keimanlage entstanden ist, bildet sich an der unteren Fläche des animalen Blattes abermals eine neue Schicht, die Anlage der quergestreiften Muskulatur. Jetzt zerfällt daher das animale Keimblatt in zwei Lagen, von denen man die oberste, in der zuerst die Scheidung der Gewebe beginnt, wegen ihrer gleichzeitigen Beziehung zum Nervensystem und zur zelligen Hautbedeckung, als Nerven- und Hornblatt, die zweite als animale Muskelplatte bezeichnet. Gleicher Weise sondert sich dann auch das vegetative Blatt in eine obere und untere Schichte, von denen die erste, die vegetative Muskelplatte, zur Anlage der glatten Muskulatur wird, während aus der zweiten, dem untern Grenzblatt oder Darmdrüsenblatt, die secernirenden Zellen des Darms und seiner Drüsen hervorgehen (Fig. 2 *C*). Zwischen den Geweben, welche aus diesen secundär gebildeten Lagen der Keimscheibe sich bilden, besteht keinerlei directe Wechselwirkung. Nur das Nervensystem beeinflusst die Entwicklung aller später sich absondernden Theile des Keims. Aus der Wechselwirkung des Nervensystems und der ursprünglichen Körperbedeckung bilden sich die Sinneswerkzeuge; vermittelst der Nerven, durch welche sie mit den Centralorganen zusammenhängen, erlangen die Muskel- und Drüsenzellen ihre functionelle Bedeutung. Wie sich diese Verbindungen des Nervensystems mit seinen Anhangsgebilden entwickeln, ist vielfach noch dunkel. Nur das eine ist zweifellos, dass die Nervenfasern, welche die Verbindungen vermitteln, überall aus Zellenanhäufungen hervortreten, die zur Anlage des centralen Nervensystems gehören. Von diesen Anhäufungen werden aber einzelne durch Zwischenschiebung anderer Keimgebilde von der zusammenhängenden Anlage der Centralorgane getrennt. So bilden sich als gesonderte Nervencentren einfacherer Art die Ganglien des Sympathicus und der sensibeln Nervenwurzeln[1]. Nun können, wie es scheint, aus allen Centralgebilden Nerven hervorsprossen. Aus dem Gehirn kommen unmittelbar die höheren Sinnesnerven, aus dem Rückenmark die Muskelnerven, aus den sensibeln Wurzelganglien die Hautnerven, aus den sympathischen Ganglien die Fasern des sympathischen Systems. Aus den Nervenknoten des letzteren entwickeln sich aber gleichzeitig Fasern, welche mit der Hirn-Rückenmarksaxe in Verbindung treten und so die anscheinend während einiger Zeit vorhandene Trennung

[1] Kölliker, Entwicklungsgeschichte, S. 252 f. Schwalbe, Schultzes Archiv für mikroskop. Anat. IV, S. 51.

von jener Stammanlage des centralen Systems wieder aufheben. Uebrigens ist unsere Kenntniss dieser Entwicklungsvorgänge wohl noch eine zu unvollkommene, als dass sich mit Sicherheit entscheiden liesse, ob der durchgehende Zusammenhang des Nervensystems und seiner Anhangsgebilde, der in der ersten Keimanlage schon ausgeprägt war, wirklich durch ein Hineinwachsen der Nerven in genau bestimmte peripherische oder centrale Gebilde sich wiederherstellt, oder ob die Nervenfasern nicht wenigstens an manchen Orten durch das Auswachsen besonderer Bildungszellen entstehen, die sich erst nachträglich einerseits mit den Ausläufern der Nervenzellen, anderseits mit den peripherischen Endorganen in Verbindung setzen[1].

Minder direct ist die Abhängigkeit, in welcher das Gefässsystem und die Gewebe der Bindesubstanz, die Knochen, Knorpel, Sehnen und das überall als Kittsubstanz die Lücken ausfüllende lockere Bindegewebe, von den animalen Kerngebilden stehen. Zwar bildet auch das Gefässsystem mit seinen Verzweigungen und das Bindesubstanzgerüste mit seinem Stütz- und Schutzapparat, dem knöchernen Scelet, jedes ein zusammenhängendes Ganze für sich, welches der Form des Wirbelthierleibes entspricht. Aber durch diese Systeme wird nicht, wie durch das Nervensystem, ein Vorbild sondern vielmehr ein N a c h b i l d der Körpergestalt geliefert, indem die Gefässe und Bindesubstanzen in diejenigen Formen hineinwachsen, welche der animale Theil des Keimes bei seiner Entwicklung hervorgebracht hat. Durch diesen allein wird die wirkliche Form, durch jene nur die Ausfüllung geliefert, welche von innen her der Form sich anschmiegt. Die Anlage des Gefässsystems nämlich schiebt zwischen die oben unterschiedenen Schichten der Keimscheibe als eine neue Schichte sich ein, welche zunächst das Darmdrüsenblatt von seiner vegetativen Muskelplatte trennt (*g* Fig. 2 *C*). Diese Schichte wird als das G e f ä s s b l a t t unterschieden, denn frühe schon sind in ihm blutführende Gefässe zu beobachten. Dasselbe wächst im weiteren Verlauf auch zwischen die andern Lagen der Keimscheibe und liefert so allen sich entwickelnden Organen ihr Blutgefässnetz. Mit der Bildung der Gefässe scheint diejenige der Bindesubstanzen Hand in Hand zu gehen[2]. Wie noch im ausgebil-

---

[1] Der Ansicht, dass die Nervenfasern überall aus den centralen Elementen hervorsprossen, welche schon von den älteren Embryologen vertreten wurde, neigen die neueren wiederum zu, wogegen von BAER und seine unmittelbaren Nachfolger annahmen, dass die Nervenfasern an Ort und Stelle durch Auswachsen daselbst vorhandener Keimzellen sich bilden. HENSEN endlich hat die Vermuthung zu begründen gesucht, dass die zusammengehörigen centralen und peripherischen Zellen von Anfang an verbunden bleiben, indem sie, aus der Theilung e i n e r Keimzelle hervorgegangen, ihren Verbindungsfaden zur Nervenfaser entwickeln (Virchow's Archiv f. pathologische Anatomie u. Physiologie. Bd. 31, S. 67). Mit dieser physiologisch vielleicht plausibelsten Hypothese scheinen aber die anatomischen Thatsachen schwer vereinbar zu sein.

[2] Ich folge hier im wesentlichen den Untersuchungen von W. HIS. Die Ergebnisse dieses Forschers werden zwar in Bezug auf manche Punkte von andern Embryo-

deten Organismus jedes Blutcapillarnetz Elemente der Bindesubstanz als directe Ausscheidung liefert, so ist auch während der Entwicklung die Bindesubstanz überall ein unmittelbares Product der Gefässbildung. In die weitere Differenzirung beider Gewebe greifen dann diejenigen Einflüsse mächtig ein, welche von den animalen Organen ausgehen. Die Elemente des centralen Nervensystems selbst sind in ein Gefäss- und Bindegewebsgerüste gebettet, dessen Mächtigkeit nach der Energie der von jenen Elementen ausgeübten Function sich richtet; überall wo die Hauptträger der centralen Verrichtungen, die Nervenzellen, in grösseren Massen sich anhäufen, entwickeln daher auch die Blutgefässe samt ihrem umgebenden Bindegewebe sich rascher. Je mehr ferner die Function eines peripherischen Organs vom Nervensystem aus in Uebung erhalten wird, um so vollkommener wird sein Blutgefässnetz. Zur secernirenden Drüse, zum arbeitenden Muskel fliesst reichlicher das Blut, die oft wiederholte Bluterfüllung aber führt zur Gefässneubildung. Gehirn und Rückenmark, Auge und Ohr bestimmen durch ihr eigenes Wachsthum die Form des knöchernen Gehäuses, von dem sie umschlossen sind. Die Form der Gelenke und damit die Gliederung des Scelets wird durch die Muskeln erzeugt, die an den Gelenkhebeln wirken. Die Muskeln gestalten gemäss ihrer Function die mit ihnen verbundenen Sehnen und Bänder und erzeugen endlich mancherlei Unebenheiten der Sceletform, Vorsprünge der Knochen, Faltungen der Haut und des Bindegewebes.

So ist es das centrale Nervensystem, von welchem theils unmittelbar theils mittelbar die ganze Reihe der Entwicklungs- und Gestaltungsvorgänge ausgeht. Dieser Einfluss ist da deutlicher zu durchschauen, wo er

logen bestritten, so namentlich was die gemeinsame Entstehung des Gefässsystems und der Bindesubstanzen betrifft. Diese lassen gegenwärtig noch die Meisten mit REMAK sammt den animalen und vegetativen Muskeln aus einer Schichte des Keims, aus einem mittleren (motorisch-germinativen) Keimblatt hervorgehen, während aus dem oberen (sensorischen) Nervensystem und Hautbedeckung, aus dem unteren (dem Darmdrüsenblatt) das Darmdrüsensystem sich bilden soll. Immerhin sind über den hier wesentlichen Punkt, darüber nämlich dass die Anlage des Nervensystems der Entwicklung aller andern Organe vorangeht, seit CASP. FR. WOLFF, dem Begründer der Generationslehre, alle Beobachter einig. Die Entstehung des Gefässblattes führen die Meisten mit v. BAER auf die ursprüngliche Keimanlage zurück, aus welchem sich dasselbe ähnlich den übrigen Keimblättern abspalten soll. Nach HIS dagegen besteht dasselbe aus Zellen, welche beim Hühnerei aus dem weissen Dotter eingewandert sind, demnach nicht durch den Einfluss der Befruchtung sich gebildet haben, sondern bloss von dem mütterlichen Organismus geliefert wurden. Eben desshalb bezeichnet HIS die ursprünglichen Lagen der Keimscheibe als Hauptkeim (Archiblast), die zugewanderte als Nebenkeim (Parablast). Augenscheinlich findet nach dieser Auffassung die mehr secundäre Stellung der Gefässe und des Bindegewebes gegenüber den in directerer Beziehung zum Nervensystem befindlichen Elementen des animalen und vegetativen Systems seine tiefere Begründung darin, dass eben die Anlage der parablastischen Gewebe erst Product der Befruchtung ist. Vgl. HIS, Untersuchungen über die erste Anlage des Wirbelthierleibes. Leipzig 1868.

immerhin von mehr secundärer Art ist, wie bei der Wirkung der wachsenden Theile auf ihre Umhüllung, bei der Wirkung der functionirenden Organe auf ihren Blutgehalt und auf die Stützgewebe, mit denen sie in Verbindung stehen. Aber die ersten Entwicklungszustände des befruchteten Keimes lassen vermuthen, dass diesen Einflüssen, welche die animalen Organe auf das Gefäss- und Bindegewebsgerüste des Körpers ausüben, Wirkungen mehr primärer Art vorangehen, durch welche die animalen Gebilde sich gegenseitig beeinflussen, durch welche namentlich die Anlage der Nervencentren, die vor allen andern Entwicklungsvorgängen entsteht, auf die übrigen Keimgebilde zurückwirkt. So erscheint das Nervensystem nicht nur als das zuerst Bewegte bei der Entwicklung, als diejenige Organgruppe, welche unmittelbar in Folge der Befruchtung aus der gleichartigen Bildungsmasse sich aussondert, sondern als das Bewegende, das primum movens aller Lebensvorgänge. Diese die andern Entwicklungsprocesse beherrschende Bedeutung kommt aber allerdings dem Nervensystem nur anfänglich zu. Nur der erste Anstoss für die Bildung und räumliche Ordnung der Gewebe muss, wie es scheint, von ihm ausgehen. Das weitere Wachsthum kann unabhängig von den Centraltheilen erfolgen, denn zuweilen gehen diese, wie die Beobachtung der Missbildungen lehrt, während einer frühen Zeit des Embryonallebens vollständig zu Grunde, ohne dass die Körpertheile samt ihren Nerven im Wachsthum gehemmt werden [1]. In dieser Beziehung zeigt der Embryonalkörper sogar eine grössere Unabhängigkeit von den Nervencentren als der entwickelte Organismus, da bei letzterem die von ihren Centraltheilen getrennten Nerven und deren Anhangsorgane in Folge der Nichtübung allmälig ihre Structur einbüssen [2].

Zweites Capitel.

Bauelemente des Nervensystems.

In die Zusammensetzung des Nervensystems gehen dreierlei Bauelemente ein: erstens Zellen von eigenthümlicher Form und Structur, die Nervenzellen oder Ganglienzellen, zweitens faserige oder röhrenförmige Gebilde, welche als Fortsätze dieser Zellen entstehen, die Nervenfasern oder Nervenröhren, und drittens eine bald formlose, bald faserige

---

[1] A. FOERSTER, die Missbildungen des Menschen. Jena 1861. S. 59, 78 f.
[2] Vgl. Cap. IV.

Zwischensubstanz, welche man im allgemeinen dem Bindegewebe zurechnet. Die Nervenzellen machen einen wesentlichen Bestandtheil aller Centraltheile aus. In den höheren Nervencentren sind sie aber auf bestimmte Gebiete beschränkt, die theils durch ihren grösseren Reichthum an Blutcapillaren, theils durch Pigmentkörnchen, die sowohl im Protoplasma der Zellen wie in der umgebenden Intercellularsubstanz angehäuft sind, eine dunklere Färbung besitzen. Durch die Begrenzung dieser grauen Substanz gegen die weisse oder Marksubstanz lassen sich daher leicht mit freiem Auge die zellenführenden Theile der Centralorgane erkennen. Die faserigen Elemente erstrecken sich theils als Fortsetzungen der peripherischen Nerven in die Centralorgane hinein, theils verbinden sie innerhalb dieser verschiedene Gruppen von Nervenzellen mit einander. Von solchen verbindenden Fasern ist namentlich auch die graue Substanz durchsetzt. Die Nervenfaser ist somit durch das ganze Nervensystem verbreitet, während die Nervenzelle auf einzelne Orte beschränkt bleibt. Beiderlei Elemente sind aber überall eingebettet in eine Kittsubstanz. Diese bildet als weiche, grösstentheils formlose Masse den Träger der centralen Zellen und Fasern; man hat sie hier als Neuroglia oder Nervenkitt bezeichnet; als ein festeres, sehnenähnlich gefasertes Gewebe durchzieht und umhüllt sie die peripherischen Nerven in der Form des so genannten Neurilemmas, als eine glasartig durchsichtige, sehr elastische Haut, welche nur an einzelnen Stellen Zellkerne führt, umkleidet sie endlich alle peripherischen und einen Theil der centralen Nervenröhren in der Gestalt der Schwann'schen Primitivscheide. Diese Kittsubstanzen bilden ein stützendes Gerüste für die nervösen Elemente; ausserdem sind sie die Träger der Blutgefässe, und das Neurilemma verleiht den nicht durch feste Knochenhüllen geschützten peripherischen Nerven die erforderliche Widerstandskraft gegen mechanische Einwirkungen[1]).

Die Nervenzellen entbehren wahrscheinlich überall der eigentlichen Zellhülle. Sie stellen bald runde, bald mehreckig gestaltete Protoplasma-

---

[1]) Die Neuroglia der Centralorgane besitzt im allgemeinen eine feinkörnige, zum Theil auch feinfaserige Beschaffenheit. Viele der eingebetteten zelligen Elemente gleichen den Lymphkörpern, andere tragen durch ihre zahlreichen fein verästelten Ausläufer vollständig den Charakter der Bindegewebszellen (Deiters, Untersuchungen über Gehirn und Rückenmark. Braunschweig 1865. S. 45 u. Tafel II, Fig. 10). Durch diese Eigenschaften nähert sich die Neuroglia der Nervencentren am meisten der embryonalen Form der Bindesubstanz. Zugleich besitzt aber die zwischen den zelligen Gebilden liegende Masse immerhin eine eigenthümliche, einigermassen dem protoplasmatischen Inhalte der Ganglienzellen ähnliche Beschaffenheit. Manche Beobachter sind dadurch veranlasst worden, der Neuroglia selbst eine nervöse Natur zuzuschreiben (R. Wagner, Göttinger gel. Anz. 1859, No. 6, Henle und Merkel, Zeitschr. für rat. Med. 3. R., Bd. 34, S. 49. Aehnlich noch neuerdings Rindfleisch, Archiv f. mikroskop. Anatomie VIII, S. 453). Aber dieser Ansicht widerstreiten durchaus die Vorstellungen über den wechselseitigen Zusammenhang der unbestreitbar nervösen Elementartheile, der Ganglienzellen und Nervenfasern, welche sich aus den unten zu erwähnenden Thatsachen ergeben.

klumpen dar (Fig. 3), welche so ausserordentliche Grössenunterschiede zeigen, dass manche kaum mit Sicherheit von den kleinen Körperchen des Bindegewebes unterschieden werden können, während andere die Sichtbarkeit mit blossem Auge erreichen und demnach zu den grössten Elementarformen des thierischen Körpers gehören. Charakteristisch für sie ist der Reichthum an Pigmentkörnern, die bald ziemlich gleichmässig im Protoplasma vertheilt sind, bald an einer Stelle vorzugsweise sich sammeln; bei den stärksten Vergrösserungen erscheint ausserdem der Inhalt der Zelle von feinsten Fasern durchzogen (Fig. 6). Gegen das körnig getrübte Protoplasma contrastirt der lichte, deutlich bläschenförmige und mit einem Kernkörperchen versehene Kern. In manchen Zellen, namentlich des Sympathicus, werden zwei Kerne beobachtet. In den Centralorganen sind die Zellen ohne weiteres in die weiche Bindesubstanz eingebettet, in den Ganglien sind sie häufig von einer bindegewebigen und elastischen Scheide umgeben, welche oft unmittelbar in die SCHWANN'sche Scheide einer abgehenden Nervenfaser sich fortsetzt (Fig. 3 c). Obgleich nicht in allen Fällen Faserursprünge aus Zellen sich beobachten lassen, so ist es doch wahrscheinlich, dass meist sogar mehrere Nervenfasern aus einer Nervenzelle hervorgehen. Viele dieser Fortsätze sind aber so ausserordentlich zart, dass sie leicht spurlos abreissen können.

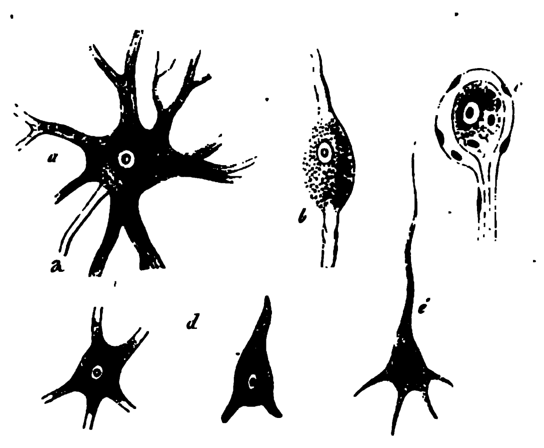


Fig. 3. Nervenzellen von verschiedener Form. *a* Vielstrahlige Zelle aus dem Vorderhorn des Rückenmarks, mit einem Axenfortsatz (*a*) und zahlreichen sogen. Protoplasmafortsätzen. *b* Bipolare Ganglienzellen aus dem Spinalganglion eines Fisches. *c* Zelle aus einem sympathischen Ganglion. *d* Zellen aus dem gezahnten Kern des kleinen Gehirns. *e* Pyramidalzelle aus der Grosshirnrinde.

Nicht weniger wie die Nervenzellen wechseln die Nervenfasern in ihrer Formbeschaffenheit (Fig. 4). Als die gewöhnlichen Bestandtheile derselben pflegt man einen central gelegenen cylinderischen Faden, den Axencylinder, eine diesen umhüllende Substanz, welche durch einen Gerinnungs- oder Zersetzungsprocess nach dem Tode sich erst deutlich in wulstförmigen Massen ausscheidet, die Markscheide, und endlich die SCHWANN'sche Primitivscheide zu betrachten. Von diesen drei Bestandtheilen ist aber der Axencylinder der allein wesentliche. Viele, ja wahrschein-

lich die meisten Nervenfasern treten als hüllenlose Axencylinder aus centralen Zellen hervor. Erst weiterhin werden sie von der Markscheide, in der Regel in noch späterem Verlauf von der SCHWANN'schen Primitivscheide umkleidet. Die meisten centralen Nervenfasern besitzen noch eine Markscheide,



Fig. 4. Nervenfasern. *a* Cerebrospinale Nervenfaser mit Primitivscheide, Markscheide und breitem Axencylinder. *b* Eine ähnliche Faser, deren Axenfaden durch Collodium zur Gerinnung gebracht ist. *c* Sympathische Nervenfaser ohne Markscheide mit feinstreifigem Inhalt und einer mit Kernen besetzten Primitivscheide. *d* Centraler Ursprung einer Nervenfaser. *e* Peripherische Endigung einer solchen (Verzweigungen einer Hautnervenfaser).

aber keine SCHWANN'sche Scheide mehr; in der grauen Substanz hört vielfach auch die Markscheide auf (Fig. 4 *d*). In andern Fällen, namentlich an den peripherischen Endigungen und im Gebiet des sympathischen Nervensystems, ist der Axencylinder unmittelbar, ohne zwischengelegenes Mark, von der mit Kernen besetzten Primitivscheide umgeben (*c*). Die nämliche Beschaffenheit besitzen durchweg die Nervenfasern der Wirbellosen. Auch in den peripherischen Endorganen bleiben als letzte Endzweige der Nerven in der Regel nur noch schmale Axenfasern übrig, die sich büschel- oder netzförmig verzweigen (*e*). Ist hiernach der Axencylinder das einzige nie fehlende Element der Faser, so ist es aber zweifelhaft, ob derselbe den letzten und einfachsten Formbestandtheil darstellt. Denn die Beobachtung zeigt, dass die Axenfaser an ihrem centralen Ende häufig, gegen ihr peripherisches vielleicht immer in zahlreiche feinere Fibrillen zerfällt, welche dort entweder unmittelbar in eine Nervenzelle oder in ein die Zellen umspinnendes Fasernetz eintreten, hier in Sinnesorganen oder Muskeln sich ausbreiten (Fig. 4 *e*, Fig. 5 und 6). Diese Thatsachen sowie das zuweilen vorkommende fibrilläre Ansehen der Axenfaser auch in ihrem weiteren Verlaufe haben die Vermuthung angeregt, dass dieselbe stets aus Primitvfibrillen zusammengesetzt sei[1]). In der That sprechen für diese Auffassung nicht bloss die physiologischen Verhältnisse, welche besonders bei gewissen Sinnesorganen, wie dem Auge und Ohr, eine ausserordentlich feine Theilung der Leitungswege wahrscheinlich machen, sondern auch manche anatomische Thatsachen, wie nament-

[1]) M. SCHULTZE, observationes de cellularum fibrarumque nervearum structura. Bonner Universitätsprogamm 1868. Derselbe in STRICKER's Gewebelehre S. 108 f.

lich die verschiedenen Durchmesserverhältnisse verschiedener Classen von Nervenfasern, welche ihre plausibelste Erklärung darin finden, wenn man annehmen darf, dass in den breiteren Fasern eine grössere Zahl von Leitungsbahnen zusammengefasst sei.

In jedem ihrer Fortsätze nimmt die Nervenzelle entweder einen ungetheilten Axenfaden oder ein Bündel von Primitivfibrillen auf. Wie diese letzteren sich in ihr durchflechten, ob sie in ihr ganz oder theilweise endigen, oder ob Fasern, die durch den einen Fortsatz eingedrungen sind, in continuirlichem Verlauf in die Fasern eines anderen Fortsatzes übergehen: alle diese Fragen müssen noch als offene betrachtet werden. Nur das eine lässt sich fast mit Bestimmtheit aussagen, dass die Ganglienzellen nicht etwa blosse Knotenpunkte darstellen, in welchen die Nervenfasern ihre Verlaufsrichtung ändern, sondern dass in ihnen nicht selten auch die Zahl derselben bald vermehrt bald vermindert werden kann, indem in der einen Verlaufsrichtung mehr Fasern eintreten, als in der andern hervorkommen. Von der Art, wie in der Ganglienzelle verschiedene Fasersysteme mit einander verknüpft werden, sind sichtlich die hauptsächlichsten Modificationen ihrer Form abhängig. Häufig tritt ein ungetheilt bleibender starker Axencylinder in deutlichen Gegensatz zu einer grossen Zahl fibrillär zerfallender Fortsätze, welche von Deiters[1]), dem Entdecker dieses Structurschemas, Protoplasmafortsätze genannt worden sind (Fig. 3 *a*). Der Axencylinder kommt in der Regel aus dem Centrum der Zelle hervor, während die Protoplasmafortsätze in der Peripherie derselben entspringen. Es scheint, dass solche Zellen die häufigste, wenn auch nicht die einzige Form der centralen Elemente des Cerebrospinalorgans sind: der Axenfortsatz gehört wohl in der Regel einer von der Peripherie herkommenden Nervenfaser zu, die Protoplasmafortsätze scheinen sich stets in zahlreiche Fibrillen zu spalten, welche sich schliesslich in ein feinstes Fasernetz auflösen, das, in die Neuroglia eingebettet, wahrscheinlich theils verschiedene Zellen mit einander verbindet theils, indem sich aus ihm wieder gröbere Zweige sammeln, Nervenfasern zum Ursprunge dient. In etwas abweichender, wenn auch im Ganzen ähnlicher Weise scheinen sich die Ursprungsverhältnisse in manchen Ganglienzellen des sympathischen Systems zu gestalten. Hier soll einerseits ein stärkerer Axenfaden, der nach Manchen aus dem Kern, nach Andern aus dem Kernkörperchen entspringt, die Zelle verlassen, anderseit ein Netz feinster Fibrillen aus dem Protoplasma hervorkommen und in eine spiralig gedrehte Faser übergehen, die den ersten Axenfaden umwindet.

So scheint, wenn nicht überall, so doch an vielen Orten, eine

---

[1]) Deiters, Untersuchungen über Gehirn und Rückenmark des Menschen und der Säugethiere. Braunschweig 1865. S. 53 f.

doppelte Weise des Zusammenhangs der Ganglienzellen und der Nervenfasern zu existiren. Auf der einen Seite verlässt die Zelle eine ungetheilte Faser in Gestalt des Axenfortsatzes, auf der andern Seite kommen aus ihr meist zartere Fortsätze hervor, die sich sogleich weiter theilen und in ein feines Fibrillennetz übergehen, welches wahrscheinlich einer zweiten Gattung von Nervenfasern zum Ursprunge dient. Nachgewiesen ist diese doppelte Form des Zusammenhangs namentlich für die Zellen der Vorderhörner des Rückenmarks, sowie für die grösseren Nervenzellen der Rinde des grossen und des kleinen Gehirns, wogegen es noch sehr zweifelhaft ist, ob an andern Orten, wie in den Hinterhörnern des Rückenmarks, in vielen grauen Kernen des Gehirns und an den kleineren Zellen der Rinde, die Elemente dem nämlichen Structurbilde sich fügen. Insbesondere die Ganglienzellen kleinerer Gattung lassen niemals mit Sicherheit einen Axenfortsatz erkennen, es ist also möglich, dass sie nur durch jenes die Neuroglia durchziehende Fasernetz unter einander und mit Nervenfasern in Verbindung stehen. Vielfach zeichnen sich ferner namentlich die grösseren Ganglienzellen dadurch aus, dass die Fortsätze derselben eine gewisse Constanz ihrer Richtung besitzen: so die Zellen der Rinde des grossen und kleinen Gehirns und, insbesondere bei niederen Wirbelthieren, die Ganglienzellen der Vorderhörner des Rückenmarks. Die Annahme liegt hier nahe, dass durch die regelmässige Verlaufsrichtung der Fortsätze zugleich die vorherrschenden Leitungswege innerhalb des betreffenden Centralgebietes bezeichnet werden[1]. Ein directer Zusammenhang verschiedener Zellen durch verbindende Fortsätze wurde übrigens früher zwar vielfach angenommen, aber von den geübtesten Beobachtern selten oder niemals gesehen[2], ein negatives Resultat, welches, wie wir jetzt vermuthen können, wahrscheinlich davon herrührt, dass die Ganglienzellen in der Regel nur durch das feine Fasernetz innerhalb der Neuroglia mit einander verbunden sind.

Die chemischen Baustoffe, aus welchen sich die Formelemente des Nervensystems zusammensetzen, sind bis jetzt nur mangelhaft erkannt. Abgesehen von den leimgebenden und elastischen Substanzen, welche den Umhüllungs- und Stützgeweben, dem Neurilemma, der Primitivscheide und theilweise der Neuroglia der Nervencentren, angehören, führt die Nervenmasse eine Anzahl von Stoffen, denen sie vorzugsweise ihre physikalischen Eigenschaften verdankt. Es sind dies Körper, die in ihren Löslichkeits-

[1] MEYNERT, Vierteljahrsschrift f. Psychiatrie, 1. Jahrg. 1867. S. 198 f.
[2] DEITERS, Untersuchungen über Gehirn und Rückenmark. S. 67.

verhältnissen den Fetten ähnlich sind, in ihrer chemischen Constitution aber manchfach abweichen. Ausser in der Nervensubstanz sind sie in den Blut- und Lymphkörpern, im Eidotter, Sperma und in geringerer Menge noch in manchen andern Flüssigkeiten gefunden worden. Der wichtigste dieser Stoffe ist das Lecithin, ein sehr zusammengesetzter Körper, in welchem die Radicale von Fettsäuren, der Phosphorsäure und des in den meisten thierischen Fetten enthaltenen Glycerins mit einander gepaart und mit einer starken Aminbase, dem Neurin, verbunden sind[1]. Das Lecithin zeichnet sich einerseits vermöge des hohen Kohlen- und Wasserstoffgehalts durch seinen bedeutenden Verbrennungswerth, anderseits vermöge der complexen Beschaffenheit, die es besitzt, durch seine leichte Zersetzbarkeit aus. Neben ihm findet sich in der Nervensubstanz ein in seiner Constitution noch unerforschter Körper, das Cerebrin, welches, da es sich beim Kochen mit Säuren in eine Zuckerart und andere unbekannte Zersetzungsproducte spaltet, zu den stickstoffhaltigen Glycosiden gerechnet wird[2]. Endlich geht Cholesterin[3], ein fast in allen Geweben und Flüssigkeiten vorkommender fester Alkohol von hohem Kohlenstoffgehalt, in ziemlich reichlicher Menge in die Zusammensetzung des Nervengewebes ein. Auch das Cerebrin und Cholesterin besitzen einen bedeutenden Verbrennungswerth, doch sind sie weniger leicht zersetzbar als das Lecithin. Neben diesen Substanzen enthält das Nervengewebe in beträchtlicher Quantität Stoffe, die man in die Classe der Eiweisskörper rechnet, deren Constitution und chemisches Verhalten aber noch kaum erforscht sind. Wir wissen nur, dass die Hauptmasse der die Eiweissreaction gebenden Stoffe in fester, gequollener Form im Gehirn und den Nerven vorkommt und dass sie durch ihre Löslichkeit in verdünnten Alkalien und Säuren die nächste Ähnlichkeit mit dem wichtigsten eiweissartigen Bestandtheil der Milch, dem Caseïn, zeigt[4].

Ueber den physiologischen Zusammenhang aller dieser Bestandtheile besitzen wir keine Aufschlüsse. Ebenso ist über die Vertheilung derselben in den einzelnen Elementartheilen des Nervengewebes wenig bekannt. Sichergestellt ist nur, dass in den peripherischen Nervenfasern der Axenfaden die allgemeinen Kennzeichen der Eiweissstoffe darbietet, während die Markscheide in ihrem physikalischen Verhalten ganz und gar einem in Wasser gequollenen Ge-

[1] Die Constitution des gewöhnlichen Lecithins ist nach DIAKONOW $C_{44}H_{90}NPO_9$ = Distearylglycerinphosphorsäure + Trimethyloxäthylammoniumhydroxyd (Neurin). Nach STRECKER können aber noch andere Lecithine entstehen, indem an Stelle des Radicals der Stearinsäure andere Fettsäureradicale treten.

[2] Nach W. MÜLLER hat das Cerebrin die empirische Zusammensetzung $C_{17}H_{33}NO_3$.

[3] $C_{26}H_{44}O$.

[4] Näheres über die chemischen Bestandtheile des Nervengewebes vgl. in meinem Lehrbuch der Physiologie 3. Aufl. S. 471 f.

menge von Lecithin und Cerebrin gleicht [1]. Ebenso besteht in den Ganglienzellen der Kern nach seinem mikrochemischen Verhalten wahrscheinlich aus einer complexen eiweissähnlichen Substanz, während in dem Protoplasma eiweissähnliche Stoffe mit Lecithin und seinen Begleitern gemengt sind. Dieselben Bestandtheile scheinen dann theilweise in die Intercellularsubstanz einzudringen.

Diese Thatsachen machen es wahrscheinlich, dass die Nervensubstanz der Sitz einer chemischen Synthese ist, in Folge deren aus den durch das Blut zugeführten complexen Nahrungsstoffen schliesslich noch complexere Körper hervorgehen, welche zugleich durch ihren hohen Verbrennungswerth eine bedeutende Summe disponibler Arbeit darstellen. Zunächst zeugt für diese Richtung des Nervenchemismus das Auftreten des Lecithins in so bedeutenden Mengen, dass eine Entstehung desselben an Ort und Stelle offenbar wahrscheinlicher ist als eine Ablagerung aus dem Blute. Als Muttersubstanzen des Lecithins und der es begleitenden, vielleicht als Nebenproducte entstehenden Körper sind hierbei wahrscheinlich die eiweissähnlichen Stoffe der Ganglienzelle und des Axencylinders anzusehen. Dass in thierischen Elementartheilen einfachere Eiweissstoffe in zusammengesetztere übergeführt werden können, ist kaum mehr zu bezweifeln. Insbesondere spricht hierfür, dass phosphorhaltige Substanzen, welche sonst den Alluminaten in ihrer Zusammensetzung und in ihrem chemischen Verhalten ähnlich sind, unter Verhältnissen vorkommen, welche eine Bildung derselben innerhalb der thierischen Zelle äusserst wahrscheinlich machen. Ein phosphorhaltiger Körper dieser Art scheint insbesondere der Hauptbestandtheil der Zellenkerne zu sein, aus welchem wohl auch der Kern der Ganglienzellen besteht, das Nucleïn [2]. Solche phosphorhaltige eiweissähnliche Stoffe sind, wie Hoppe-Seyler vermuthet, Zwischenstufen zwischen dem eigentlichen Eiweiss und den Lecithinkörpern. Sie scheinen häufige Begleiter der Eiweissstoffe, namentlich des Caseïns zu sein [3]. Hiernach darf man vorläufig wohl vermuthen, dass in der Ganglienzelle zunächst complexe eiweissähnliche Körper sich bilden; vielleicht ist auch der Axencylinder aus solchen zusammengesetzt. Als ein zweiter bereits auf einer Spaltung beruhender Vorgang würde dann die Bildung des Lecithins und der andern leicht verbrennlichen Nervenstoffe zu betrachten sein. Der

---

1) Vertheilt man nämlich einen dieser Stoffe oder ein Gemenge derselben in Wasser, so entstehen Formen, welche unter dem Mikroskop vollständig dem aus Nervenfasern ausgelaufenen und gequollenen Mark gleichen. Man hat dieselben als Myelinformen bezeichnet. Wo sie beobachtet werden, da lässt sich schon mit grosser Wahrscheinlichkeit auf das Vorhandensein von Lecithin und Cerebrin schliessen.

2) Miescher in Hoppe-Seyler's physiologisch-chemischen Untersuchungen, 4. S. 452.

3) Lubavin ebend. S. 468.

ganze Chemismus der Nervensubstanz ist somit augenscheinlich auf die Bildung von Verbindungen gerichtet, in welchen sich ein hoher Verbrennungs- oder Arbeitswerth anhäuft.

Ueber die functionelle Bedeutung der einzelnen Formelemente des Nervensystems vermag natürlich nur das physiologische Experiment endgültige Auskunft zu geben. Aber da dasselbe die Theile niemals getrennt zu untersuchen vermag, sondern immer nur in den Vereinigungen, in denen sie die nervösen Organe und Gewebe bilden, so sind wir doch in dieser Beziehung auf die Anatomie mit unsern Vermuthungen hingewiesen. Dass in den Nervenzellen die centralen Functionen ihren Sitz haben, während den Nervenfasern die Leitung der von den Nervenzellen ausgehenden oder von den peripherischen Anhangsapparaten, den Sinnesorganen, ihnen übermittelten Vorgängen zufällt, schliessen wir vorzugsweise aus den Structurverhältnissen beider Gebilde. Die Nervenzelle bildet einen Mittelpunkt, der meistens von verschiedenen Seiten her Fasern in sich aufnimmt, die Nervenfaser verbindet in ununterbrochenem Verlauf die peripherischen Organe mit den Nervencentren und die letzteren wieder unter sich. Dieses Structurbild scheint unmittelbar der Idee zu entsprechen, dass durch das Nervensystem der functionelle Zusammenhang aller Organe vermittelt werde. So hat sich denn aus physiologischen Postulaten und anatomischen Anschauungen eine Vorstellung von der Bedeutung der nervösen Bauelemente und von ihrer wechselseitigen Verbindung entwickelt, von der sich nicht leugnen lässt, dass sie theilweise eine hypothetische ist, die aber den gegenwärtigen Standpunkt unserer anatomischen und physiologischen Kenntnisse getreu reflectirt. Die Nervenzellen des Cerebrospinalorgans sind, so nehmen wir an, ein System von Centralpunkten, welche unter sich in die vielseitigste Verbindung gesetzt sind, und von denen ausserdem bestimmte Gruppen mit den peripherischen Elementartheilen, welche unter der Herrschaft des Nervensystems stehen, mit Muskeln, Drüsenzellen und Sinnesepithelien, zusammenhängen. Die Nervenzellen und Nervenfasern bilden ein zusammenhängendes Netz, dessen Knotenpunkte die Zellen sind, und von dem ausserdem zahlreiche Fäden nach der Peripherie des Körpers auslaufen, wo die Anhangsgebilde des Nervensystems gleichsam die äusseren Befestigungspunkte jenes Netzes bilden, in dessen Mitte Gehirn und Rückenmark gelegen sind. Von den Ganglien des Sympathicus nimmt man an, dass ihre zelligen Elemente zum Theil wenigstens in dem allgemeinen Zusammenhang der Nervenzellen mit inbegriffen, also weit vorgeschobene Knotenpunkte des nervösen Netzes seien; doch bleibt es immerhin möglich, dass in ihnen nebenbei auch Zellen von der

Bedeutung selbständiger Centralpunkte vorkommen. Alle andern Bauelemente des Nervensystems aber ausser den Ganglien und Nervenfasern, also die Neuroglia, die bindegewebigen und elastischen Scheiden betrachtet man als indifferente Stütz- und Umhüllungsgewebe.

Die Ganglienzellen und Nervenfasern sind, obgleich sie gewöhnlich Elementartheile genannt werden, doch nicht einfache Gebilde, sondern sie besitzen, wie aus der oben gelieferten Schilderung hervorgeht, eine zusammengesetzte Structur. An der Zelle unterscheiden wir den feinkörnigen oder feinstreifigen Inhalt, den Kern und die Fortsätze; die Faser besteht aus dem Axencylinder, der Markscheide und der Schwann'schen Scheide. Es erhebt sich daher die Frage, wie jeder dieser Bestandtheile zur Function der Bauelemente beiträgt.

Bei der Nervenzelle bieten uns die vereinzelten und zum Theil bestrittenen Angaben über den Ursprung von Fortsätzen aus Kern- oder Kernkörperchen, über die Ausstrahlung der Primitivfibrillen im Inhalt etc. noch keine hinreichend sichern Anhaltspunkte, um auf die physiologische Bedeutung dieser einzelnen Theile zu schliessen. Indem wir uns also begnügen die Ganglienzelle im Ganzen als elementares Centralgebilde zu betrachten und die allgemeine Frage, ob specifische Unterschiede der Function für verschiedene Zellen zu postuliren seien, einem späteren Theil dieser Untersuchung vorbehalten [1], kann die Anatomie vorläufig nur zur Mitentscheidung über einen Punkt herbeigerufen werden, darüber nämlich, ob alle Nervenzellen durch auslaufende Fasern theils direct theils indirect in gegenseitige Verbindung gesetzt sind, oder aber ob es Zellen gibt, welche erste Anfangspunkte von Nervenfasern darstellen. Physiologisch lässt sich diese Frage so formuliren: ob die Nervenzelle in gewissem Sinne immer nur Durchgangsstation oder Seitenglied in einer Kette von Wirkungen ist, oder ob sie unter Umständen auch absoluter Ursprungs- oder Endpunkt einer Leitungsbahn sein kann. Mit Sicherheit wird diese Frage allerdings nicht zu beantworten sein, da die Möglichkeit vorliegt, dass schon ein einziger Fortsatz Primitivfibrillen enthalten kann, welche in ihrem späteren Verlaufe sich trennen. Aber eine gewisse Wahrscheinlichkeit würde doch für die erste Alternative existiren, wenn sich ergeben sollte, dass alle Nervenzellen mehrere nach verschiedenen Richtungen ausstrahlende Fortsätze besitzen, während die Existenz solcher Zellen, die nur nach einer Richtung eine Primitivfaser entsenden, offenbar der zweiten Annahme günstiger wäre. Einerseits sprechen nun die Lagerungs- und Formverhältnisse der Zellen in demjenigen Theil des Cerebrospinalsystems, in welchem am ehesten absolute Endpunkte zu erwarten wären, in der

[1] Vergl. Cap. V und VI.

Hirnrinde (Fig. 3 *e*), zweifelsohne für eine vielseitige Verbindung aller zelligen Elemente durch anastomosirende Fasern, und ebenso scheint in den niedrigern Gebieten jenes Systems, wie in der grauen Substanz des Rückenmarks, schon der anatomische Augenschein die Zellen als Durchgangsstationen ein- und austretender Fasern darzustellen; anderseits tritt uns aber an vielen andern Orten, wie in den Spinalganglien des Menschen und der Säugethiere [1], in den sympathischen Ganglien (Fig. 3 *c*), in den Nervenknoten der Wirbellosen [2], zum Theil so regelmässig das Bild von Zellen entgegen, welche entweder nur einen in eine Nervenfaser übergehenden Fortsatz entsenden, oder aus denen mehrere Fortsätze nur nach einer Richtung hervorgehen, dass der Gedanke an erste Anfangspunkte entspringender Fasern mindestens nahe gelegt wird. Doch ist bei den Schwierigkeiten, welche der Nachweisung der feinsten Zellenfortsätze entgegenstehen, auch hier eine endgültige Erscheinung noch nicht möglich [3]. Die Physiologie zeigt im allgemeinen, dass die centralen Functionen in mannigfaltiger Wechselwirkung stehen, und sie unterstützt somit die Annahme eines Zusammenhanges ihrer Träger, der centralen Zellen. Um so vielseitiger ist jene Wechselwirkung, um so zahlreichere Verbindungen sind daher zu erwarten, je verwickelter Bau und Leistungen des betreffenden Centralgebietes sind. Organe dagegen, in denen sich peripherische Ganglien befinden, wie das Herz, der Darm, lassen durchweg eine grössere Selbständigkeit der Innervation erkennen, indem die letztere sogar nach der Trennung der betreffenden Organe vom Gesammtkörper noch fortdauern kann. Diese Thatsache entspricht aber augenscheinlich dem Befund, dass jene Bilder, welche den Schein absoluter Endpunkte der Leitungsbahnen erwecken, vorzugsweise den niedrigeren Centralgebilden, den Ganglien, angehören.

Da von den Bestandtheilen der Nervenfaser der Axenfaden der einzig constante ist, so leidet es keinen Zweifel, dass er oder die in ihn eingehende Primitivfibrille auch der physiologisch wesentlichste Bestandtheil sei. Ihm werden wir also die Function der Leitung der von den Zellen ausgehenden oder ihnen theils von der Peripherie theils von andern centralen Zellen zugeführten Vorgänge zuschreiben müssen. Sowohl die Art

---

[1] In den Spinalganglien der Fische sind übrigens die Zellen durchgehends bipolar, ihr einer Fortsatz ist gegen das Rückenmark, ihr andrer gegen die Peripherie gerichtet (Fig. 3 *b*).

[2] Vgl. SOLBRIG, die feinere Structur der Nervenelemente bei den Gasteropoden. Leipzig 1872. Taf. VI und VII.

[3] Ganglienzellen, die der Fortsätze gänzlich ermangeln, so genannte apolare Zellen, sind in vielen Fällen ohne Zweifel Trugbilder, welche durch die Verstümmelung zarter Fortsätze entstanden sind; in andern Fällen mag es sich um in Entwicklung begriffene Ganglienzellen handeln, aus denen später noch die Fortsätze hervorwachsen (KÖLLIKER, Gewebelehre. 5. Aufl. S. 255).

des Vorkommens der Markscheide wie ihre physikalischen Eigenschaften scheinen am ehesten der Vorstellung Raum zu geben, dass sie ein Zusammenfliessen der in der Axenfaser oder ihren Primitivfibrillen bei der Leitung der nervösen Processe ablaufenden innern Vorgänge verhindere, dass sie also an der isolirten Leitung betheiligt sei. In den Centralorganen und in den peripherischen Nerven ist daher die Markscheide vorzugsweise da zu finden, wo viele Nervenfasern dicht beisammen liegen, während sie fehlt wo grössere Massen von Bindesubstanz sich zwischen die einzelnen einschieben, wie dies nahe dem centralen und zum Theil auch nahe dem peripherischen Ende vorzukommen pflegt. Sodann findet sie sich an denjenigen Nerven, deren Function eine möglichst vollständige Isolirung der Leitungsvorgänge hauptsächlich erforderlich macht, an den sensibeln und motorischen, sie fehlt vielen sympathischen oder gangliösen Nerven, bei denen die unbestimmte Ausbreitung der in Folge der Reizung eintretenden Vorgänge auf eine minder strenge Befolgung des Gesetzes der isolirten Leitung hinweist.

Auf die manchfachen Versuche in die Structur der Nervenzellen und Nervenfasern tiefer einzudringen, sind wir in der obigen Darstellung nicht eingegangen, weil die betreffenden Befunde und ihre Deutung noch allzu sehr Gegenstand des Streites sind. Vor allem gehören hierher die Angaben, welche sich auf den Ursprung von Nervenfasern aus dem Kern oder Kernkörperchen der Zellen beziehen, wie solche nach einander von HARLESS [1]), G. WAGENER [2]), J. ARNOLD [3]), FROMMANN [4]), COURVOISIER [5]), SOLBRIG [6]) u. A. gemacht, auf der andern Seite aber von KÖLLIKER [7]), SCHULTZE [8]), SCHWALBE [9]), WALDEYER [10]) theils bezweifelt theils entschieden bekämpft worden sind. Nach manchen Angaben scheint die von DEITERS hervorgehobene doppelte Ursprungsweise der Nervenzellen die Bedeutung zu haben, dass der Axenfortsatz aus dem Kern oder Kernkörperchen, die feineren Fortsätze aus dem Protoplasma der Zellen hervorkommen. So entspringt nach J. ARNOLD und COURVOISIER auch aus vielen sympathischen Nervenzellen ausser einer dem Kern oder Kernkörperchen entstammenden Axenfaser ein feines Fasernetz, das sich zu einem die erstere umschlingenden Spiralfaden sammelt [11]), und SOLBRIG konnte an manchen Nervenzellen der Gasteropoden eine aus dem Kernkörperchen hervorkommende Faser auf längere Strecken verfolgen, ausserdem kam immer eine stärkere Faser aus

[1]) MÜLLER's Archiv 1846, S. 28.
[2]) Zeitschr. f. wissensch. Zoologie VIII, S. 455.
[3]) VIRCHOW's Archiv, Bd. 31, S. 1.
[4]) Ebend. S. 129.
[5]) SCHULTZE's Archiv f. mikroskop. Anat. II, S. 13.
[6]) Die feinere Structur der Nervenelemente bei den Gasteropoden. Leipzig 1872. S. 43.
[7]) Gewebelehre. 5. Aufl., S. 253.
[8]) STRICKER's Gewebelehre, S. 135.
[9]) SCHULTZE's Archiv IV, S. 64.
[10]) Zeitschr. f. rat. Med., 3. R., Bd. 20. S. 241.
[11]) Vgl. mein Lehrbuch der Physiologie, 3. Aufl., S. 466.

dem Inhalt der Zelle hervor: einen Ursprung aus dem Kern leugnet der letztere Beobachter. Ein ähnliches Zusammenfliessen feinster Fasern zu einem Nervenfortsatz, wie es an sympathischen Zellen beschrieben wurde, beobachtete FROMMANN auch an den Zellen des Rückenmarks und der Spinalganglien: vom Kernkörperchen aus sah er feine Fibrillen den Kern durchdringen und in diesem theils in Körnchen übergehen, welche abermals durch feine Fibrillen mit Körnchen des Protoplasmas zusammenhingen, theils in eigenthümliche Röhren eintreten, welche als besondere Fortsätze die Zelle zu verlassen schienen[1]. Eine wichtige Ergänzung zu der Entdeckung der doppelten Ursprungsform der Zellenfortsätze durch DEITERS bildet endlich die in der neuesten Zeit von GERLACH[2]) und RINDFLEISCH[3], gemachte Entdeckung, dass die graue Substanz der Centralorgane von einem Netze äusserst feiner nervöser Fasern durchzogen ist, in welches die Protoplasma-

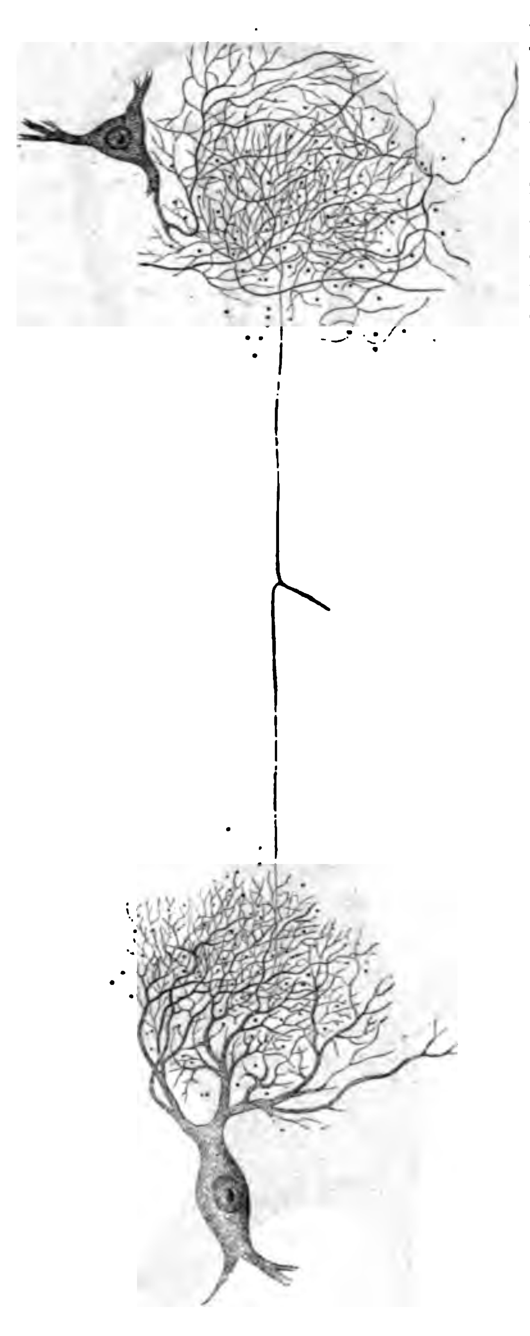


Fig. 5. Zwei Ganglienzellen aus dem Rückenmark des Ochsen mit ihren Nervenfasernetzen. Eine sich theilende Nervenfaser scheint in dieselben einzutreten. Nach GERLACH, 150fache Vergr.

[1] FROMMANN, Anatomie des Rückenmarks, Thl. II. Jena 1867, S. 42. KÖLLIKER, Gewebelehre, 5. Aufl., S. 252.

[2] STRICKER's Handbuch der Lehre von den Geweben. S. 677. Med. Centralblatt 1872, S. 273.

[3] Archiv für mikroskop. Anatomie VIII, S. 453. Vgl. u. BETZKE, Archiv f. Psychiatrie III, S. 573.



Fig. 6. Ganglienzelle aus dem Vorderhorn des Rückenmarks vom Kalbe, nach M. SCHULTZE, 600fache Vergr. *a* Axenfortsatz. *b* Protoplasmafortsätze. Das ganze Protoplasma der Zelle ist von feinen Fibrillen durchzogen, die in die Fortsätze übergehen.

fortsätze nach vielfacher Theilung sich auflösen, und aus welchem, wie GERLACH wahrscheinlich gemacht hat, eine zweite von den Axenfortsätzen verschiedene Kategorie von Nervenfasern hervorgeht (Fig. 5). Bestätigt sich die weitere Vermuthung dieses Anatomen, dass manche Zellen, z. B. die der Hinterhörner des Rückenmarks, nur Protoplasmafortsätze entsenden, und demnach nur vermittelst des nervösen Netzes mit Nervenfasern zusammenhängen, so würden sich hieraus zwei wesentlich verschiedene Gattungen von Nervenzellen ergeben, solche mit der doppelten und solche mit nur einer Ursprungsform.

Nach anderer Richtung wurde eine feinere Zergliederung der Nervenelemente durch M. SCHULTZE versucht. Von der Beobachtung ausgehend, dass der Axencylinder sowohl bei seinem Ursprung aus der Ganglienzelle (Fig. 6) wie bei seiner letzten Endigung in den Sinnesorganen sich häufig in feine Fibrillen zerfasert, nimmt er an, dass derselbe in seinem ganzen Verlaufe ein Bündel von Primitivfibrillen darstellt, und er bringt hiermit Andeutungen einer faserigen Structur, wie sie zuweilen an Axencylindern wahrgenommen

werden, in Zusammenhang. In der That lässt sich abgesehen von diesen Beobachtungen mehreres für eine derartige Zusammensetzung des Axencylinders anführen. Erstens gehört hierher das anatomische Verhalten der Nerven bei den Wirbellosen sowie der meisten sympathischen Nerven bei den Wirbelthieren. Beide stimmen im wesentlichen überein: jede Nervenfaser zeigt nämlich innerhalb einer von Kernen besetzten Primitivscheide einen fibrillären und häufig zugleich feinkörnigen Inhalt: eine Markscheide ist nicht zu erkennen (Fig. 4 c). Höchst wahrscheinlich besteht daher jede solche Nervenfaser aus einem von einer Scheide umschlossenen Fibrillenbündel[1]. Zweitens ist der Durchmesser der Nervenfasern bei den niederen Wirbelthierclassen im allgemeinen grösser als bei den höhern[2], ein Verhältniss, welches vorzugsweise auf Rechnung der Axenfaser kommt, und welches daher am leichtesten verständlich wird, wenn man annimmt, dass bei den Kaltblütern in der Regel eine grössere Zahl von Primitivfibrillen in eine Nervenfaser zusammengefasst sei. Es bleibt dann freilich noch dieses letztere Verhältniss zu erklären. Dasselbe ist vielleicht in den Eigenthümlichkeiten der Ernährung oder Wärmeökonomie der verschiedenen Thierklassen begründet, welche bei den Warmblütern möglicherweise einen vollständigeren Schutz der Fibrillen durch die Markscheide erforderlich machen. Drittens findet man, dass im Mittel der Durchmesser der vorderen (motorischen Wurzelfasern des Rückenmarks grösser ist als derjenige der hintern (sensibeln)[3]. Nun machen es die physiologischen Thatsachen höchst wahrscheinlich, dass es einen wesentlichen Unterschied in den innern Eigenschaften zwischen sensibeln und motorischen Nervenfasern nicht gibt. Existirte ein solcher, und fände derselbe in jenen Durchmesserunterschieden seinen Ausdruck, so wäre anderseits eine grössere Constanz derselben zu erwarten. Diese ist aber durchaus nicht vorhanden: nur im Mittel ist der Durchmesser der vordern Wurzelfasern grösser als derjenige der hintern, dabei kommen dort einzelne schmälere, hier einzelne breitere Fasern vor. Solch' ein inconstanter Unterschied wird nun am leichtesten verständlich, wenn man annimmt, dass die leitenden Elemente selbst, die Primitivfibrillen, nicht verschieden sind, dass sie aber in den motorischen Wurzelfasern im allgemeinen zu grösseren Bündeln vereinigt werden als in den sensibeln. Den Grund dieses Verhältnisses kann man dann vielleicht darin vermuthen, dass bei der Innervation der Muskeln, wie das Phänomen der unwillkürlichen Mitbewegung lehrt, leicht eine grössere Zahl von Leitungselementen gemeinsam functionirt, während der Bau und die Function der Sinnesorgane eine schärfere Scheidung der Erregungen während ihrer Leitung wahrscheinlich machen. Es würde also die Bedeutung der Zusammenfassung vieler Primitivfibrillen in einen Axencylinder darin gesehen, dass zwischen den einzelnen Fibrillen eines solchen Fadens ein Ueberspringen der Erregung leichter möglich wäre als von einer Axenfaser auf eine andere. Dem gegenüber gibt es freilich eine anatomische Thatsache, die der ungetheilten Beschaffenheit der Axenfaser das Wort redet: dies ist das Verhalten derselben bei ihrer Theilung, wie solche bei allen Thieren innerhalb der peripherischen Organe, bei den Fischen zuweilen schon in den Nervenstämmen gefunden wird.

---

[1] Leydig, Histologie des Menschen und der Thiere. Frankf. 1856. S. 59. Waldeyer, Solbrig a. a. O.

[2] Todd, art. nervous system in Cyclopäd. of anatom. vol. III. pag. 593.

[3] Henle, Allgem. Anatomie. Leipzig 1841, S. 669.

Hierbei ist nämlich stets der Gesammtquerschnitt der Fäden, welche aus der Theilung hervorgehen, erheblich grösser als der Querschnitt des Fadens, der sich getheilt hat. Aber es steht nichts im Wege anzunehmen, dass in vielen Fällen da wo starke Verzweigungen der Nervenfaser vorkommen auch die Primitivfibrillen sich spalten. Der Umstand, dass solche Verzweigungen vorzugsweise in den zwei Organen vorkommen, in denen man am ehesten geneigt sein kann an die Beherrschung eines grösseren peripherischen Gebietes durch Netze, die einer einzigen Endfaser angehören, zu denken, nämlich in den Muskeln und in der Haut, scheint diese Vermuthung zu unterstützen. Lässt demnach für die Zusammensetzung der Axenfaser aus primitiven Fibrillen wohl mehr sich anführen als dagegen eingewandt werden kann, so ist nicht dasselbe von der weiteren hypothetischen Vorstellung zu sagen, die M. SCHULTZE hieran geknüpft hat, wonach die Primitivfibrillen innerhalb der centralen Zellen niemals endigen sondern nur ihre Verlaufsrichtung ändern sollen, so dass ihr Anfang und Ende nur in den peripherischen Organen gelegen wären. Nach dieser Vorstellung sind alle centralen Functionen in Analogie gebracht mit dem Reflexmechanismus. Wie das einfachste anatomische Substrat, das wir für den letzteren annehmen können, eine Primitivfibrille ist, die aus einer hintern Wurzel in eine sensorische Zelle, aus dieser in eine motorische und aus der letzteren in eine vordere Wurzel tritt, so könnte man sich denken, dass auch die in die sensorischen Zellen der Hirnrinde übergehenden Primitivfibrillen aus diesen wieder austreten und schliesslich, vielleicht nach Zurücklegung vieler Zwischenstationen, von einer motorischen Zelle aus rückwärts verlaufen. Aber in den physiologischen Verhältnissen, auf die sie sich zunächst stützt, liegt für eine solche Hypothese durchaus kein Grund vor. Die Physiologie macht allerdings wahrscheinlich, dass eine gewisse Isolirung jener Leitungswege, welche den bewussten Empfindungen und den willkürlichen Bewegungen dienen, stattfindet. Aber für die isolirte Verbindung distincter sensibler und motorischer Punkte vermittelst einer centralen Endschlinge lässt sich schlechterdings nichts anführen. Ebenso würden sich die Erscheinungen der stellvertretenden Function, der Mehrheit der Leitungswege für eine und dieselbe peripherische Provinz, der functionellen Verbindung beider Hälften des Centralorgans[1] nur in der gezwungensten Weise mit der Hypothese des continuirlichen Verlaufs der Primitivfibrillen vereinigen lassen. Dazu kommt schliesslich, dass dieselbe in den anatomischen Thatsachen keinerlei Unterstützung findet. Namentlich der Ursprung vieler centraler Fasern aus einem Terminalnetz und die Vereinigung der Ganglienzellen durch dasselbe scheinen ihr zu widersprechen.

1 Vgl. Cap. IV und V.

Drittes Capitel.

Formentwicklung der Centralorgane.

Die früheste Entwicklungsstufe des centralen Nervensystems der Wirbelthiere haben wir bereits in jener ersten Sonderung des Keimes kennen gelernt, welche als ein dunkler Streif die Stelle des Rückenmarks und damit zugleich die Körperaxe des künftigen Organismus bezeichnet (Fig. 1, S. 22). Die weitere Folge der Entwicklungszustände lässt sich nun auf doppeltem Wege beobachten: entweder indem man unmittelbar die Genese eines höheren Wirbelthiers von der ersten Uranlage an bis zu vollendeter Ausbildung verfolgt, oder indem man die Classen und Ordnungen der Wirbelthiere von den niedersten bis zu den höchsten Stufen der Formentwicklung vergleichend an einander reiht. Beide Wege, der entwicklungsgeschichtliche und der vergleichend-anatomische, fallen zwar keineswegs vollständig zusammen, da in der Reihenfolge der Organismen eine viel grössere Mannigfaltigkeit der Formbildung herrscht als in der Entwicklung des einzelnen Wesens. Nichts desto weniger wird hier wie dort im allgemeinen das nämliche Entwicklungsgesetz gewonnen, indem die früheren Zustände der höheren Wirbelthiere den bleibenden Organisationsstufen der niedrigeren ähnlich sind. Wir werden beide Wege der genetischen Betrachtung gleichzeitig benützen. Denn die Entwicklungsgeschichte allein kann darüber Aufschluss geben, wie ein Zustand aus dem andern hervorgegangen ist; nur die vergleichende Anatomie aber vermag Andeutungen über die physiologische Function der Theile zu bieten, da die Stufen der Organisation sich bleibend fixirt haben müssen, wenn zugleich das physiologische Verhalten der Wesen unserer Beobachtung zugänglich sein soll.

Die Uranlage des centralen Nervensystems entwickelt sich, nachdem der Fruchthof durch rascheres Längenwachsthum eine ovale Gestalt angenommen hat. Es faltet sich dann zu beiden Seiten des Primitivstreifs das äusserste Blatt der Keimscheibe zu zwei leistenförmigen Erhebungen, welche eine Rinne zwischen sich lassen. Diese Rinne, die Primitivrinne, ist die Anlage des künftigen Rückenmarks (*p* Fig. 2, S. 23). Indem die Seitentheile derselben sich in raschem Wachsthum zuerst erheben und dann einander nähern, schliesst sich die Rinne zu einem Rohr, dem Medullarrohr. Das letztere enthält zunächst in seiner ganzen Länge eine geräumige Höhle, deren Umfang von den Bildungszellen ausgekleidet ist, aus welchen die Elementartheile des Rückenmarks hervorgehen. Diese

Bildungszellen wachsen und vermehren sich, einige nehmen den Charakter von Bindegewebszellen an und liefern eine formlose Intercellularsubstanz, andere werden zu Nervenzellen, indem sie Ausläufer sprossen lassen, die theils unmittelbar in die Fasern peripherischer Nerven übergehen, theils sich unter fortgesetzter Spaltung in ein Endfasernetz auflösen, in welchem wahrscheinlich centrale und peripherische Nervenfasern wurzeln. Indem alle diese Fasern vorzugsweise nach der Peripherie des Medullarrohrs hervorsprossen, rücken die zelligen Gebilde gegen das Centrum der Höhle hin Fig. 7). Entsprechend der bilateralen Symmetrie der Körperanlage sammeln sich von Anfang an sowohl die nervösen Zellen wie die aus ihnen rechts und links hervorgehenden Nerven in symmetrische Gruppen. Jede dieser Gruppen zerfällt aber gemäss der Verbindung der Nerven mit zwei verschiedenen Theilen der Keimanlage wieder in zwei Unterabtheilungen. Diejenigen Zellen und Fasern, welche mit dem Hornblatt, der Uranlage der Sinneswerkzeuge und der sensibeln Körperbedeckung, in Verbindung treten, ordnen sich in eine hintere, durch ihre Lage den ihnen zugetheilten Keimgebilden genäherte Gruppe. Jene Nervenelemente dagegen, welche zur quergestreiften Muskulatur treten, sammeln sich in eine vordere, der animalen Muskelplatte entsprechende Gruppe. So kommt es, dass die durch den Zusammentritt der Zellen gebildete graue Substanz rechts und links in Gestalt einer hintern und einer vordern Säule auftritt, welche ringsum von weisser oder Markmasse umgeben sind. Man nennt diese Säulen nach der Form, die sie auf senkrechten Durchschnitten darbieten, die hinteren und die vorderen Hörner. In der Mitte hängt das hintere Horn jeder Seite mit dem vordern zusammen. Ebenso ordnen sich die austretenden Nervenwurzeln jederseits in zwei Reihen: in die hinteren oder sensibeln und in die vorderen oder motorischen Fig. 7 *e* und *f*. Die centrale Hohle nimmt in Folge dieser Wachsthumsverhältnisse zunächst die Gestalt eines Rhombus an, der sich nach vorn und hinten in eine Spalte fortsetzt *cm*. Bald schliesst sich die hintere Spalte fast ganz,

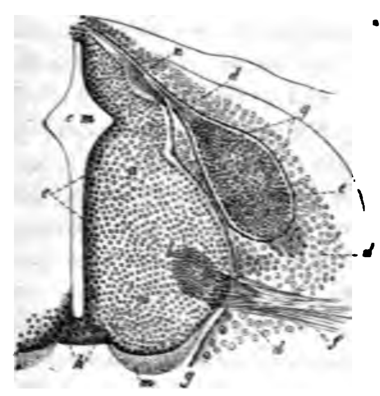


Fig. 7. Querschnitt des embryonalen Ruckenmarks. Vom Schafembryo, nach Bidder und Kupffer. *cm* Die in der Schliessung begriffene Centralhöhle. *c* Epithel derselben. *a* Die graue Substanz, welche fast den ganzen Querschnitt des Ruckenmarks noch einnimmt. *b* Ursprungsstelle der vordern Wurzeln *f*. *e* Spinalganglion mit der aus ihm vorkommenden hinteren Wurzel. *m* Anlage des Vorder- und Seitenstrangs. *n* Anlage des Hinterstrangs. *h* Vordere Commissur *g* Hulle des Spinalganglions und des Ruckenmarks. *d* Anlage des Ruckenwirbels.

die vordere bleibt deutlicher, sie wird aber durch Nervenfasern geschlossen, welche von einer Seite des Marks zur andern herübertretend die **vordere** oder **weisse Commissur** bilden. Diese, die anfänglich nahe der vorderen Fläche gelegen ist (Fig. 7 *h*), rückt allmälig in die Tiefe (Fig. 8 *k*). Hinter ihr bleibt der Rest der centralen Höhle als ein äusserst enger Kanal, der **Centralkanal** des Rückenmarks, bestehen, um welchen die beiden Ansammlungen der grauen Substanz mit einander in Verbindung treten (*c* Fig. 8). Durch die vordere und hintere Spalte (*a* und *b*) ist das Rückenmark in zwei symmetrische Hälften getrennt; jede dieser Hälften wird dann durch die austretenden Nervenwurzeln in drei Stränge geschieden (*g*, *h*, *i* Fig. 8). Den zwischen der hintern Medianspalte und der hintern Wurzelreihe liegenden Markstrang nennt man den **Hinterstrang**, den zwischen der vordern Medianspalte und der vordern Wurzelreihe liegenden den **Vorderstrang**, endlich denjenigen Strang, der zwischen den beiden Wurzelreihen in die Höhe zieht, den **Seitenstrang**. In diesen Marksträngen verlaufen die Nervenfasern grossentheils vertical in der Richtung der Längsaxe des Rückenmarks. Nur die Stelle im Grund der vordern Medianspalte wird von den oben erwähnten horizontal und schräg verlaufenden Kreuzungsfasern eingenommen, welche die vordere Commissur bilden; ebenso sind in der Nähe der eintretenden Nervenwurzeln, als unmittelbare Fortsetzungen derselben in das Mark, horizontale und schräge Fasern zu finden. Die grauen Hörner sind von abweichender Gestalt, die vordern sind breiter und kürzer, die hinteren länger und schmäler. In jenen findet sich eine Menge grosser multipolarer Ganglienzellen, in diesen beobachtet man fast nur kleinere Zellen, welche oft schwer von Bindegewebskörpern zu unterscheiden sind, auch wird ein grosser Theil der hinteren Hörner von einer formlosen Neuroglia gebildet, welche der Intercellularsubstanz des Bindegewebes verwandt ist. Theils



Fig. 8. Querschnitt des Rückenmarks vom Kalbe, nach A. Ecker. *a* vordere, *b* hintere Längsspalte. *c* Centralkanal. *d* Vordere, *e* hintere Hörner. *f* Gelatinöse Substanz im Umfang der letzteren. *g* Vorderstrang, *h* Seitenstrang, *i* Hinterstrang. Die quer nach der grauen Substanz tretenden Wurzelbündel des Vorder- und Hinterstrangs erscheinen hell, die Durchschnitte der vertical aufsteigenden Fasern dunkel. *k* Vordere, *l* hintere Commissur.

hierdurch theils durch eine Menge feiner Fasern, welche sie durchsetzen, zeigen die hinteren Hörner gegen ihren äusseren Umfang ein helleres Ansehen; man pflegt diese Region die gelatinöse Substanz zu nennen (*f* Fig. 8). Während so die directen Ursprungspunkte der hinteren Wurzeln im Mark spärlicher mit nervösen Zellen ausgestattet scheinen als die der vordern, findet sich dort ein Lager ansehnlicher Ganglienzellen in den Verlauf der Nervenfasern nach ihrem Austritt aus dem Mark hinausgeschoben und bildet so die Spinalganglien der hintern Wurzeln (*e* Fig. 7). Die hinteren Stränge sind nicht wie die vordern durch weisse Markfasern verbunden, dagegen ziehen in der grauen Substanz hinter dem Centralkanal schmale Fasern von einem Hinterhorn zum andern und bilden so die hintere oder graue Commissur (*l* Fig. 8). Aehnliche graue Fasern umgeben den ganzen Centralkanal, dessen Binnenraum bedeckt ist von einer einfachen Lage Cylinderepithel. Zu diesem ist ein kleiner Rest der ursprünglich die Höhle des Medullarrohrs auskleidenden Bildungszellen verwendet worden.

So lange die Entwicklung der Centralorgane auf die Ausbildung des Rückenmarks beschränkt bleibt, ist damit eine gewisse Gleichförmigkeit der gesammten Organisation nothwendig verbunden. Indem in der ganzen Länge des Rückenmarks dieselbe Anordnung der Elementartheile und dasselbe Ursprungsgesetz der Nervenfasern sich wiederholen, müssen auch die sensibeln Flächen, die Bewegungsapparate, die von jenem Centralorgane beherrscht sind, der nämlichen Gleichförmigkeit ihrer Verbreitung und Ausbildung unterworfen sein. So hat sich denn in der That beim Embryo, so lange sein centrales Nervensystem nur aus dem Medullarrohr besteht, noch keines der höheren Sinnesorgane entwickelt, die Anlagen der sensibeln Körperoberfläche und des Bewegungsapparates sind gleichförmig um die centrale Axe vertheilt, nur die Stelle wo die stärkeren Nervenmassen zu den Hinterextremitäten hervorsprossen ist schon frühe durch eine Erweiterung der Primitivrinne, den sinus rhomboidalis, die nachherige Lendenanschwellung, angedeutet. Zu ihr gesellt sich später eine ähnliche übrigens schwächere Verdickung des Medullarrohrs an der Abgangsstelle der vordern Extremitätennerven, die Cervicalanschwellung[1]. Eine ähnliche Gleichförmigkeit der Organisation begegnet uns als bleibende Eigenschaft bei dem niedersten Wirbelthier, bei welchem sich die Ausbildung des centralen Nervensystems auf das Medullarrohr beschränkt, beim Amphioxus lanceolatus. Das Sehorgan dieses hirnlosen Wirbelthieres besteht aus zwei kleinen Pigmentflecken, das Geruchsorgan aus einer unpaaren becherförmigen Ver-

[1] Bei den Vögeln wird der sinus rhomboidalis zeitlebens nicht durch Nervenmasse geschlossen und bleibt daher als eine hinten offene Grube bestehen, ähnlich wie bei allen Wirbelthieren die Fortsetzung des Centralkanals im verl. Mark, die Rautengrube.

tiefung am vordern Leibesende[1], ein Gehörapparat ist bei ihm nicht nachgewiesen. So sind hier gerade diejenigen Organe in ihrer Entwicklung zurückgeblieben, welche für die erste Ausbildung der von dem Rückenmark sich absondernden höhern Centraltheile vorzugsweise bestimmend scheinen.

Die erste Anlage des Gehirns entsteht, indem das vordere Ende des Medullarrohrs schneller zu wachsen beginnt, wodurch sich eine blasenförmige Auftreibung desselben, das primitive Hirnbläschen, bildet, die sich sehr bald in drei Abtheilungen, das vordere, mittlere und hintere Hirnbläschen, gliedert (Fig. 9). Theils die genetischen, theils die späteren functionellen Beziehungen dieser ursprünglichen Hirntheile legen den Gedanken nahe, dass, wie die Entwicklung des Gehirns überhaupt, so auch diese Dreitheilung, welche allen Wirbelthieren mit Ausnahme des Amphioxus gemeinsam ist, in nächstem Zusammenhang steht mit der Entwicklung der drei vorderen Sinneswerkzeuge: die nervöse Anlage der Geruchsorgane wächst nämlich unmittelbar aus dem vordern Ende der ersten, die der Gehörorgane aus den Seitentheilen der dritten Hirnblase heraus, die Augen entstehen zwar zunächst als Wachsthumsproducte des Vorderhirns, doch machen es physiologische Thatsachen zweifellos, dass das Mittelhirn die nächsten Ursprungszellen der Sehnerven enthält[2].

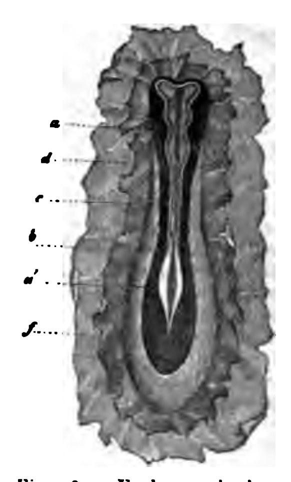


Fig. 9. Embryonalanlage eines Hundeeis, n. BISCHOFF. *a* Medullarrohr mit den drei Hirnblasen an seinem vorderen Ende. *a'* Erweiterung des Medullarrohrs in der Lendengegend (sinus rhomboidalis). *b* Anlage der Wirbelsaule. *c* Anlage der Körperwand. *d* Trennungsstelle des oberen und mittleren Blattes der Keimblase. *f* Das untere Blatt derselben.

Von den drei ursprünglichen Hirnabtheilungen erfahren die erste und dritte, das Vorder- und Hinterhirn, die wesentlichsten Veränderungen. Beide zeigen nämlich bald an ihrem vorderen Ende ein gesteigertes Wachsthum und gliedern sich hierdurch jedes in ein Haupt- und ein Nebenbläschen. Das frühere Vorderhirn besteht nun aus Vorder- und Zwischenhirn, das frühere Hinterhirn aus

[1] KÖLLIKER, MÜLLER'S Archiv 1843, S. 32.

[2] Der Grund hierfür könnte möglicher Weise darin liegen, dass zwar aus dem Vorderhirn die primitive Augenblase und damit die Anlage der nervösen Elemente der Retina entsteht, dass aber, wie HIS (Untersuchungen über die erste Anlage des Wirbelthierleibes, S 131) vermuthet, die Sehnerven selbständig gleich den andern Nerven aus dem Gehirn kommen. Der Stiel der aus dem Vorderhirn hervorgetretenen primären

Hinter- und Nachhirn (Fig. 10). Unter den so entstandenen fünf Hirnabtheilungen entspricht das Vorderhirn (*a*) den künftigen Grosshirnhemisphären, man bezeichnet es daher auch als das Hemisphärenbläschen, das Zwischenhirn (*b*) wird zu den Sehhügeln (thalami optici), aus dem einfach gebliebenen Mittelhirn (*c*) entwickeln sich die Vierhügel des Menschen und der Säugethiere, die Zweihügel oder lobi optici der niederen Wirbelthiere, das Hinterhirn (*d*) wird zum Kleinhirn (Cerebellum), das Nachhirn (*e*) zum verlängerten Mark. Vorn ist das Zwischenhirn, hinten das Nachhirn als Stammbläschen zu betrachten, aus welchem dort das Vorderhirn, hier das Hinterhirn als Nebenbläschen hervorgewachsen sind. Die aus den drei Stammbläschen, Nach-, Mittel- und Zwischenhirn, sich entwickelnden Gebilde, also das verlängerte Mark, die Vier- und Sehhügel mit den unter ihnen aus dem Mark aufsteigenden Faserbündeln, nennt man auch noch im ausgebildeten Gehirn den **Hirnstamm** und stellt ihnen die Gebilde des ersten und des vierten Hirnbläschens, die Grosshirnhemisphären und das Cerebellum, als **Hirnmantel** gegenüber, weil diese Theile an den höher organisirten Gehirnen einem Mantel ähnlich den Hirnstamm umhüllen.



Fig. 10. Senkrechte Medianschnitte durch Wirbelthiergehirne in Grundriss. *A* von einem jungen Selachier (Heptanchus). *B* vom Embryo der Natter. *C* von einem Ziegenembryo. *a* Vorderhirn (Hemisphärenbläschen). *b* Zwischenhirn (thalami optici). *c* Mittelhirn (lobi optici, Vierhügel). *d* Hinterhirn (Cerebellum). *e* Nachhirn (verl. Mark). *v* vorderer Hirnschlitz [illegible]. *h* Hypophysis.

Die sämmtlichen Hirnbläschen sind, gleich dem Medullarrohr, dessen Erweiterungen sie darstellen, von Anfang an Hohlgebilde, und zwar sind sie zunächst nach aussen geschlossen, communiciren aber unter einander sowie nach rückwärts mit der Höhle des Medullarrohrs. Mit der Entwicklung der beiden Nebenbläschen aus dem vordern und hintern Stammbläschen ändert sich dies. Nun reisst nämlich die Decke der letzteren der Länge nach entzwei. Es entstehen dadurch zwei genau in der Medianlinie gelegene spaltförmige Oeffnungen, eine vordere und eine hintere, durch welche die Höhlen des vordern und des hintern Stammbläschens frei gelegt werden. Es ist wohl nicht zu bezweifeln, dass die Bildung dieser Spalten zu dem gesteigerten Wachsthum des ersten und des [illegible] Hirnbläschens in naher

[illegible] sich erst später mit Nervenfasern. [illegible] Schriften der naturwissenschaft. [illegible] S. [illegible] immer in der [illegible] dass sie gleich [illegible] ursprünglich zusammen[illegible]

Beziehung steht. Da nämlich der Kopf des Embryo vorzugsweise in der Medianlinie an die darunter liegenden Keimgebilde festgewachsen ist, so wird das Wachsthum ähnlich einem Bande wirken, welches in longitudinaler Richtung über die ganze Hirnoberfläche gelegt wäre[1]. Auf diese Weise wird das Vorderhirn in seine beiden Hemisphären gespalten und wird das Zwischenhirn durch einen medianen Riss nach oben geöffnet (s Fig. 10). Das in seinem Wachsthum zurückbleibende Mittelhirn dagegen wird nur durch eine Längsfurche in zwei Hälften geschieden. Für den hinteren Deckenriss liegt die nächste Ursache nicht sowohl in der Einschnürung, welche direct durch die mit dem Kopf verwachsenen Keimgebilde bewirkt wird, als in der ebenfalls durch die Anheftung des Embryo an das Ei und durch das gesteigerte Hirnwachsthum eintretenden Beugung des Kopfes nach vorn. An der Stelle wo diese Beugung anfängt wird die Rückenwand des Medullarrohrs verdünnt und öffnet sich zu einer rautenförmigen Grube[2]. Das Hinterhirn oder Cerebellum, welches unmittelbar vor dieser Stelle hervorwächst, ist anfänglich vollständig in zwei Hälften geschieden, verwächst aber später in seiner Mittellinie. Durch die beiden so gebildeten Spalten können alsbald Gefässe in die Hirnhöhlen hinein wuchern, welche, indem sie die erforderliche Stoffzufuhr vermitteln, das weitere Wachsthum und die gleichzeitige Verdickung der Wandungen mittelst Ablagerung von Nervensubstanz von innen her möglich machen.

Die bis dahin erreichte Entwicklung entspricht im wesentlichen der bleibenden Organisation des Gehirns der niedersten Wirbelthiere, der Fische und nackten Amphibien (Fig. 11 und 12). Das ursprüngliche Vorderhirnbläschen ist hier meistens in zwei fast ganz getrennte Hälften geschieden, die beiden Grosshirnhemisphären, die nur noch an einer kleinen Stelle ihres Bodens zusammenhängen. Das vordere Stammbläschen oder Zwischenhirn ist in zwei paarige Hälften, die Sehhügel oder thalami optici, gespalten, welche mit ihrer Basis verwachsen bleiben. Das Hinterhirn oder Cerebellum bildet meistens eine schmale unpaare Leiste, an der jede Spur einer Trennung verschwunden ist. An dem Nachhirn oder verlängerten Mark hat der hintere Deckenriss nur eine rautenförmige Vertiefung gebildet, unter welcher die Hauptmasse des Organs ungetrennt bleibt.

Mit der Trennung des Gehirns in diese fünf Abtheilungen verändert sich natürlich auch die Form der ursprünglich eine einfache Erweiterung des medullaren Centralkanals darstellenden Hirnhöhle. Diese trennt sich

[1] His, Untersuchungen über die erste Anlage des Wirbelthierleibes, S. 131.

[2] Auf der Oeffnung des ersten und des dritten Stammbläschens bleiben sehr verdünnte Rückwände zurück, die Schlussplatten des 3. und 4. Ventrikels, die aber, wie es scheint, zur Bildung von Nervenmasse nicht ausreichen und daher in das Epithel übergehen, welches die in jene Vertiefungen sich erstreckenden Gefässhautfortsätze bekleidet.

entsprechend der Gliederung des Hirnbläschens zuerst in drei, dann in fünf Abtheilungen, und in Folge der Spaltung des Hemisphärenbläschens wird die vorderste derselben noch einmal in zwei symmetrische Hälften, die beiden seitlichen Hirnkammern, geschieden. Gehen wir von den

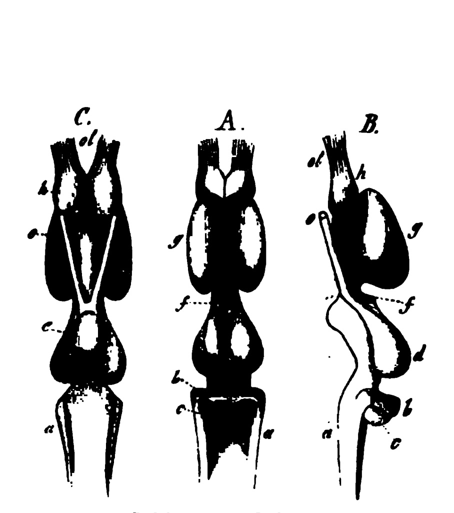


Fig. 11. Gehirn von Polypterus bichir, nach J. MÜLLER. *A* von oben, *B* seitlich, *C* von unten. *h* Riechlappen. *g* Grosshirn. *f* Zwischenhirn (thalami). *d* Zweihügel (lobi optici). *bc* Kleinhirn. *a* Verl. Mark. *e* Hirnanhang (hypophysis) mit den lobi inferiores. *ol* Nerv. olfactorius. *o* Nerv. opticus.

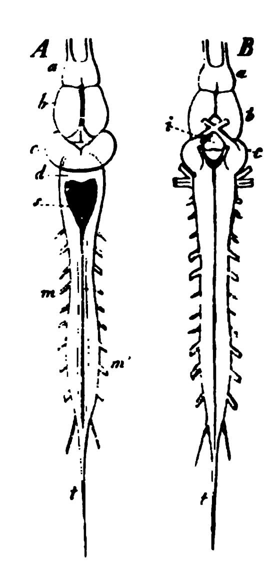


Fig. 12. Gehirn und Rückenmark des Frosches, nach GEGENBAUR. *A* obere, *B* untere Ansicht. *a* Riechlappen. *b* Grosshirn. *c* Zweihugel. Zwischen *b* und *c* ist in *A* ein Theil des Zwischenhirns (thalamus) sichtbar. *d* Kleinhirn. *s* Rautengrube (verl. Mark). *i* Hirntrichter infundibulum; vor demselben die Kreuzung der Sehnerven. *m* Rückenmark. *m'* Lendenanschwellung desselben. *t* Endfaden des Rückenmarks.

letzteren aus, so hängen demnach die einzelnen Abtheilungen der Centralhöhle in folgender Weise zusammen (Fig. 13). Die seitlichen Hirnkammern (*h*), welche in der Regel vollständig von einander getrennt sind, münden in die Höhle ihres Stammbläschens, einen zwischen den Sehhügeln gelegenen spaltförmigen Raum (*z*), der durch den vorderen Deckenriss nach oben geöffnet ist: er wird, indem man von vorn nach hinten zählt, als der dritte Ventrikel bezeichnet. Dieser führt dann unmittelbar in die Höhle des Mittelhirns (*m*), welche bei den Säugethieren sich ausserordentlich verkleinert, so dass sie nur als ein enger, unter den Vierhügeln hinziehender Kanal, die Sylvische Wasserleitung (aquaeductus Sylvii), den dritten Ventrikel mit der Höhle des Nachhirns verbindet. Schon bei den Vögeln gewinnt der Kanal etwas an Ausdehnung durch Ausläufer,

welche er in die beiden das Mittelhirn bildenden Zweihügel hineinsendet und bei den niederen Wirbelthieren befinden sich in diesem Hügelpaar ziemlich ausgedehnte Hohlräume, welche mit der centralen Höhle communiciren. Von den aus dem dritten Hirnbläschen hervorgegangenen Theilen, dem Hinter- und Nachhirn, hat jeder wieder ursprünglich seinen besonderen Hohlraum. Da nun das Hinterhirn oder Cerebellum dem Nachhirn an der Stelle wo das letztere an das Mittelhirn grenzt als ein sich nach hinten wölbendes Bläschen aufsitzt, so spaltet sich der Sylvische Kanal an seinem hintern Ende in zwei Zweige, in einen der sich nach aufwärts wendet und in die Höhle des Cerebellum führt, und in einen andern der geraden Weges in die Höhle des Nachhirns, der medulla oblongata, einmündet (Fig. 14). Letztere Höhle nennt man, weil sie, wenn die Sylvische Wasserleitung nicht mitgerechnet wird, von hinten nach vorne gezählt der vierte Hohlraum des Gehirns ist, den vierten Ventrikel oder wegen ihrer rautenförmigen Gestalt die Rautengrube (*r* Fig. 13). Der vierte Ventrikel ist nämlich nicht mehr eine Höhle sondern

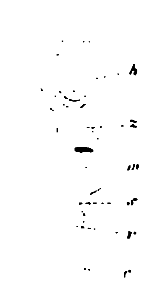
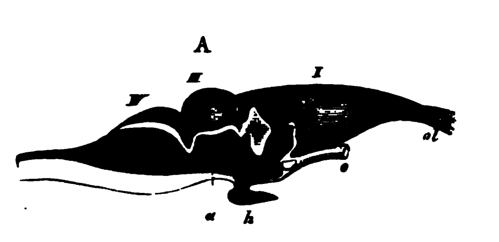


Fig. 13. Horizontaler Längsschnitt durch das Gehirn des Frosches, halb schematisch. *h* Seitliche Hirnkammer. *z* Höhle des Zwischenhirns (3. Ventrikel). *m* Höhle des Mittelhirns. *s* Verbindungskanal zwischen 3. und 4. Ventrikel (aquaeductus Sylvii). *r* Rautengrube (4. Ventrikel). *c* Centralkanal des Rückenmarks.



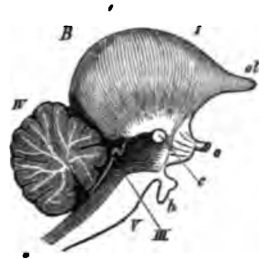


Fig. 14. Gehirn einer Schildkröte (*A*) und eines Vogels (*B*), im senkrechten Medianschnitt, nach Bojanus und Stieda. I Hemisphäre. *ol* Olfactorius. *o* Opticus. *c* Vordere Commissur. III Zweihügel; in *B* ist nur die beide Zweihügel vereinigende Markplatte sichtbar, die in *A* als *a* bezeichnet ist. *h* Hypophysis. *IV* Kleinhirn. *V* Verl. Mark. Hinter der vordern Commissur liegt der 3. Ventrikel, der unter der Zweihügelplatte in die Sylvische Wasserleitung übergeht; letztere führt an ihrem hintern Ende nach aufwärts in die Höhle des Cerebellum, nach abwärts in den 4. Ventrikel.

eine Grube, weil er durch den hintern Deckenriss vollständig frei gelegt ist. Wo diese Grube an ihrem hintern Ende sich schliesst, da geht sie dann unmittelbar in den Centralkanal des Rückenmarks über. Bei den Säugethieren verschwindet die Höhle des Cerebellums vollständig durch Ausfüllung des Hinterhirnbläschens mit Markmasse. Hier wird also durch

seitliche Hirnkammern, dritten Ventrikel, Sylvische Wasserleitung und vierten Ventrikel das vollständige System der Hirnhöhlen gebildet. Bei den niederen Wirbelthieren kommen hierzu noch die Höhlen der Sehhügel als Erweiterungen des dritten Ventrikels, die Höhlen der Zweihügel oder lobi optici als Ausbuchtungen der Wasserleitung und die Höhle des Cerebellums als Anhang der Rautengrube. Haupt- und Nebenhöhlen werden im allgemeinen bei den niedrigen Wirbelthierordnungen umfangreicher im Verhältniss zur Hirnmasse, nähern sich demnach mehr einem embryonalen Zustande. Doch zeigen in dieser Beziehung die einzelnen Hirnabtheilungen in den verschiedenen Classen ein abweichendes Verhalten. Bei den Fischen werden die Grosshirnhemisphären und das Kleinhirn durch Ausfüllung mit Nervenmasse zu soliden Gebilden, die, weil ihr Wachsthum frühe innehält, nur eine geringe Grösse erreichen. Bei den Amphibien bleiben die zwei Seitenventrikel bestehen, aber das Cerebellum ist meistens solide. Erst bei den Reptilien und Vögeln erhält auch dieses eine geräumige Höhle, die dann aber bei den Säugethieren wiederum verschwindet. Ebenso schliessen sich bei den letztern die Seitenhöhlen des Mittelhirns, der Vier- oder Zweihügel, die bei allen niedereren Wirbelthieren, von den Fischen bis hinauf zu den Vögeln, nicht nur erhalten bleiben sondern auch auf ihrem Boden graue Erhabenheiten entwickeln (Fig. 15), ähnlich wie solche bei Vögeln und Säugethieren in den Seitenventrikeln des grossen Gehirns in Gestalt der sogenannten Streifenhügel vorkommen. Hiernach ist offenbar das Hohlbleiben einer Hirnabtheilung an und für sich noch gar kein Zeichen einer niedrigen Entwicklungsstufe. Im Gegentheil pflegen gerade da Höhlungen bestehen zu bleiben, wo frühe schon in dieselben Gefässhautfortsätze hineinwachsen, so dass nun gleichzeitig von innen und aussen Blutzufuhr stattfinden kann; anderseits werden solche Hirnabtheilungen solide, die frühe in ihrem Wachsthume stehen bleiben. Zeichen eines unentwickelten Zustandes ist die Höhle nur dann, wenn sie, wie in dem embryonalen Gehirn, im Verhältniss zur umschliessenden Wandung geräumig und grossen Theils von Flüssigkeit erfüllt ist. Im Gegensatze hierzu bleibt bei den höher entwickelten Wirbelthieren in Folge der Ausfüllung der Hirnhöhlen mit Nervenmasse nur noch so viel Raum übrig als für die ernährenden Gefässe nothwendig ist, die auf Fortsetzungen der die ganze Oberfläche des Gehirns

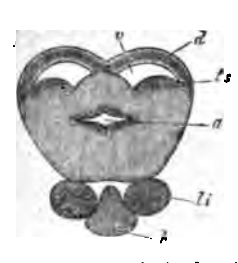


Fig. 15. Querschnitt durch das Gehirn eines Fisches (Gadus lota) in der Region der Zweihügel, vergr. nach STIEDA. *d* Decke der Zweihügel. *v* Höhle derselben. *ts* Graue Erhabenheit auf deren Boden (torus semicircularis Halleri). *a* Sylvische Wasserleitung. *li* lobi inferiores. *h* Hirnanhang (hypophysis). Weiter nach vorn münden die Höhlen der Zweihügel und der Sylvische Kanal *a* im 3. Ventrikel zusammen; fernere Ausbuchtungen führen aus dem letzteren in die lobi inferiors.

umkleidenden Gefässhaut durch den vorderen Deckenriss in den dritten Ventrikel und in die seitlichen Hirnkammern, durch den hinteren Deckenriss in den vierten Ventrikel hineinwuchern.

Wie im Rückenmark so geht im Gehirn die Bildung der Nervenmasse von den Zellen aus, welche die Wandung des ursprünglichen Hohlraumes zusammensetzen. Auch im Gehirn scheinen manche dieser Zellen mehr den Charakter der Bildungszellen des Bindegewebes beizubehalten und so die Ausscheidung der formlosen Zwischensubstanz oder Neuroglia zu vermitteln. Andere aber werden wie dort zu Ganglienzellen und lassen Ausläufer sprossen, welche in Nervenfasern übergehen. Doch die Wachsthumrichtung der Fasern ist hier zum Theil eine andere als im Rückenmark. Während dieselben in letzterem nach der Peripherie ausstrahlen, so dass die graue Substanz um den Centralkanal zusammengedrängt und aussen von weisser Markmasse überkleidet wird, bleibt dieses Verhältniss nur in den aus den drei Stammbläschen hervorgegangenen Gehirntheilen im wesentlichen bestehen. An den aus den Nebenbläschen entwickelten Gebilden aber behalten die Ganglienzellen ihre wandständige Lage, und die mit ihnen zusammenhängenden Fasern sind gegen den Innenraum der Höhlen gerichtet. Nur im Hirnstamm, also im verlängerten Mark, in den Vier- und Sehhügeln, ist daher ein die Fortsetzungen des centralen Kanals umgebender grauer Beleg von weisser Markmasse umgeben, am Hirnmantel dagegen wird das Mark aussen von einer grauen Hülle bedeckt. So haben sich zwei Formationen grauer Substanz entwickelt. Die eine, das Höhlengrau, gehört dem Rückenmark und dem Hirnstamm, die andere, das Rindengrau, dem Hirnmantel an. Die erste dieser Formationen erfährt im Gehirn noch weitere Modificationen. Schon im obersten Theile des Rückenmarks nämlich wird die graue Substanz namentlich in den Hinterhörnern zum Theil durch weisse Markmassen unterbrochen, indem einzelne Bündel der Rückenmarksstränge ihre Lagerung an der Peripherie der grauen Substanz nicht mehr regelmässig innehalten. Im verlängerten Mark häuft sich diese Erscheinung so sehr, dass nur noch ein verhältnissmässig kleiner Theil der grauen Masse als Bodenbeleg der Rautengrube die ursprüngliche Lagerung um den Centralkanal einhält, der grösste Theil aber durch zwischentretende weisse Markfasern in einzelne Nester getrennt ist. Man pflegt solche von Mark umgebene Ansammlungen grauer Substanz im allgemeinen als graue Kerne zu bezeichnen. Eine wesentliche Modification, welche das centrale Grau des Rückenmarks beim Uebergang in das Gehirn erfährt, besteht sonach darin, dass sich aus ihm durch den Dazwischentritt weisser Markmassen eine weitere Formation grauer Substanz absondert, welche wir als Kernformation oder Kerngrau (Gangliengrau) bezeichnen wollen. Die Kernformation liegt in der Mitte zwischen Höhlen- und

Rindengrau. Geht man von der Centralhöhle aus, so trifft man zuerst auf Höhlengrau, hierauf kommt weisse Marksubstanz, dann Kernformation, dann nochmals Mark und endlich das Grau der Rinde[1].

Als den wahrscheinlichen Grund für jene Losreissung grauer Masse von der den Centralkanal umgebenden Anhäufung, wie sie dem Auftreten der Kernformation zu Grunde liegt, kann man wohl zunächst das Auftreten von Nerven betrachten, die sowohl unter sich wie mit den Ursprungspunkten der tiefer abgehenden Rückenmarksnerven in vielseitige Verbindung gesetzt sind. Solche Verknüpfungen führen nothwendig einen verwickelteren Verlauf der Nervenfasern mit sich. Während die zur Herstellung dieser Verbindung erforderliche graue Substanz an Masse zunimmt, finden zugleich die verknüpfenden Faserbündel in der Peripherie derselben keinen zureichenden Platz mehr: so bleibt nur ein Theil der grauen Masse um die Centralhöhle gelagert, der übrige wird zur Kernformation zerklüftet. Indem auf diese Weise die graue Centralmasse in einzelne Heerde sich sondert, scheiden sich zugleich deutlich solche Centralgebiete, welche als unmittelbare Ursprungspunkte der Nerven dienen, von andern, welche ausschliesslich Fasern mit einander verknüpfen, die von verschiedenen directen Ursprungsorten aus centralwärts verlaufen. Jene ersteren Anhäufungen grauer Substanz, aus welchen unmittelbar peripherische Nervenfasern hervorkommen, pflegt man als Nervenkerne, die zweiten, welche zur Verbindung und Sammlung centralwärts verlaufender Fasern bestimmt sind, als Ganglienkerne zu bezeichnen. Der letztere Name hat darin seinen Grund, dass sich bei den höheren Wirbelthieren um einige dieser Kerne das Mark in besonderen, von der übrigen Hirnmasse theilweise getrennten Anhäufungen sammelt, welche man dann sammt den grauen Kernen, die sie umschliessen, Hirnganglien nennt. Einige der ursprünglichen Hirnabtheilungen gehen mit einem grossen Theil ihrer Masse in solche Hirnganglien über: so pflegt man die Sehhügel, die Vier- oder Zweihügel denselben zuzurechnen. Andere Hirnganglien entsprechen nicht ursprünglichen Hirnabtheilungen, sondern entstehen durch die Einstreuung grauer Kerne in den markigen Boden der Hirnhöhlen und bilden dann ebenfalls hügelähnliche Hervorragungen: so die Streifenhügel in den Seitenventrikeln

[1] ARNOLD (Handbuch der Anatomie II, S. 644) und HUSCHKE (Schädel, Hirn und Seele, S. 131) unterscheiden zwei Formationen grauer Substanz, Kern- und Rindensubstanz. MEYNERT (STRICKER's Gewebelehre, S. 695) führt vier Formationen auf: Höhlengrau, Gangliengrau, Rindengrau und Kleinhirngrau. Es scheint nun allerdings zweckmässig die um die Höhle des Centralkanals und seiner Fortsetzungen abgelagerte graue Substanz von den durch Mark isolirten grauen Kernen als eine besondere Formation zu trennen. Dagegen kann ich mich der Aufstellung des Kleinhirngrau als einer vierten Formation nicht anschliessen. Entweder müsste man dieselbe abermals in zwei trennen, oder man muss die Rinde des Kleinhirns der Rindenformation, seine grauen Kerne der Kernformation zurechnen.

und die bei den meisten Wirbelthieren mit Ausnahme der Säugethiere in den Höhlen der Zweihügel liegenden Hervorragungen. Uebrigens können auch die Nervenkerne ganglienähnliche Anschwellungen bilden: dies ist bei manchen Nervenkernen der Fische der Fall, bei denen gewisse Hirnnerven häufig aus Anschwellungen der medulla oblongata hervorkommen[1], ein Zeichen, dass auf dieser niedrigen Organisationstufe die unmittelbaren Ursprungscentren, die Nervenkerne, noch ein gewisses Uebergewicht über die höheren Verbindungscentren, die Ganglienkerne, besitzen. Anderseits kommen aber auch graue Anhäufungen im Mark des Gehirns vor, welche sich nicht durch äussere Hervorragungen zu erkennen geben, und welche man doch wegen ihrer Beziehung zu den Markfasern den Ganglienkernen zurechnen muss.

Die dritte Formation der grauen Substanz, das **Rindengrau**, kann nicht mehr von der ursprünglichen Auskleidung des Medullarrohrs abgeleitet werden. Denn die Rinde des Vorderhirns und des Cerebellums geht aus den Wandungen der beiden Mantelbläschen hervor, mit welchen erst später die Markfasern des Stabkranzes in Verbindung treten. Es scheint also, dass die Zellen, welche jene Wandungen zusammensetzten, vom Anfang an nicht, wie die Wandzellen des Medullarrohrs und seiner Fortsetzungen im Hirnstamm, nach der Peripherie hin Faserfortsätze entsenden sondern sich centralwärts mit den vom Markkern her in sie einstrahlenden Fasern verbinden, vielleicht indem sie diese in ähnlicher Weise nur in sich aufnehmen wie die Zellen in den peripherischen Endgebilden, den Sinnesorganen, Muskeln, Drüsen. Die Zellen der Hirnrinde erscheinen so, wie sie physiologisch in gewissem Sinne ein Spiegelbild der Körperperipherie sein müssen, auch genetisch als eine den peripherischen Organen gegenüberliegende Endfläche, in welche gleichwie in jene aus den grauen Kerngebilden die Fasern eintreten. Nach beiden Endflächen aber, der peripherischen und centralen, strahlen von dem eigentlichen Centrum des Nervensystems, von den grauen Massen der Höhlen- und Kernformation, die Leitungsbahnen in divergirender Richtung aus[2].

[1] Solche Anschwellungen finden sich besonders an der Stelle des Vagus- und des Trigeminuskerns.

[2] Am Vorderhirn der niedersten Wirbelthierclassen, der Fische und Amphibien, kommt übrigens der graue Rindenbeleg in einer Form vor, in welcher derselbe einen Uebergang von der Kern- zur Rindenformation zu bilden scheint, indem die ganze Masse der Hemisphären von grauer Substanz durchsetzt ist, welche manchmal gegen die Oberfläche in etwas dichterer Lage sich ansammelt, zuweilen aber auch spärlicher wird, indem die meisten Nervenzellen nach innen gelagert sind (STIEDA, Zeitschr. für wissensch. Zoologie. Bd. 18, S. 46 u. Bd. 20, S. 306, vgl. ebend. Taf. XVIII. Fig. 24). Die solide oder bei den Amphibien wenig ausgehöhlte Hemisphäre hat hier noch eine ähnliche Structur, wie sie jenen Ganglien zukommt, welche sich auf dem Boden gewisser Hirnhöhlen erheben wie die Streifenhügel in den Seitenventrikeln des Vorderhirns

Die bisher beschriebene Entwicklung ist bei allen Wirbelthieren zugleich mit Lageänderungen der primitiven Hirnabtheilungen gegen einander verbunden, in Folge deren das ganze Gehirn nach vorn geknickt wird und die einzelnen Abtheilungen des Stammhirns eine gegen einander geneigte Stellung annehmen. Diese Knickung, unbedeutend bei den niedersten Classen, nähert sich bei den höheren Ordnungen der Säugethiere mehr und mehr einer rechtwinkligen Beugung (vgl. Fig. 10). Ausserdem wird die Form des Gehirns dadurch modificirt, dass einzelne Hirnabtheilungen, insbesondere das Vorder- und Hinterhirn, durch ihr beträchtliches Wachsthum andere verdecken. Der Krümmungen des centralen Nervensystems kann man drei unterscheiden, von denen die erste der Uebergangsstelle des Rückenmarks in das Gehirn entspricht, die zweite am Hinterhirn, die dritte am Mittelhirn auftritt (Fig. 16). Die Ursache dieser Krümmungen liegt ohne Zweifel darin, dass kurz nachdem die Hirnanlage sich vom Rückenmark getrennt hat das Längenwachsthum derselben dasjenige aller andern Körpertheile übertrifft. In Folge dessen muss das Gehirn und mit ihm der Kopf eine Beugung nach der Seite erfahren, wo der Embryo auf dem Ei aufsitzt, also nach vorn. Die Stärke dieser Krümmungen ist vorzugsweise durch das Wachsthum des Vorderhirns bedingt, daher mit der Entwicklung desselben die Kopfbeugung ungefähr gleichen Schritt hält[1]. In den Anfängen der Entwicklung liegt das Vorderhirn bei allen Wirbelthieren vor den übrigen Hirnabtheilungen, ohne dieselben zu bedecken. In dem Maasse nun als dieser Hirntheil durch sein Wachsthum die übrigen überflügelt muss er, da seiner Aus-



Fig. 16. Gehirn eines 3monatlichen menschlichen Embryo von der Seite, nach Kölliker. h Hemisphäre. m Mittelhirn (Vierhügel). c Cerebellum. mo Verl. Mark.

bei Reptilien, Vögeln und Säugethieren oder den torus semicircularis in den Höhlungen der lobi optici aller Wirbelthiere mit Ausnahme der Säugethiere). Auch in diesen setzt sich die graue Substanz bis an die Oberfläche fort, und die frühere Ansicht der Anatomen, wonach die soliden Hemisphären der Fische nur die Analoga der Streifenhügel sein sollen, findet daher in diesen Structurverhältnissen eine gewisse Berechtigung. Genetisch entsprechen sie jedoch offenbar den Streifenhügeln und den Hemisphären: die centralere graue Substanz in ihnen wird man den ersteren, die oberflächlichere Anhäufung aber der Rinde analog setzen müssen (Ueber die Deutung der Theile des Fischgehirns vgl. Stieda a. a. O., Bd. 18, S. 60). Ebenso drängt dann die Voraussetzung eines übereinstimmenden Entwicklungsgesetzes zu der Annahme, dass die Rindenformation des Vorderhirns sich auch bei den niedersten Wirbelthieren gesondert entwickelt. Nur scheint bei diesen die Wandung der Hemisphärentaschen zum grössten Theil in eine Grenzmembran aus indifferentem Neurogliagewebe überzugehen, indem nur wenige Bildungszellen mit eintretenden Nervenfasern in Verbindung treten. Die Rindenschichte des kleinen Gehirns ist dagegen schon bei den Fischen und Amphibien deutlich ausgebildet und ziemlich scharf von dem Markkern geschieden.

[1] Vgl. Rathke, Entwicklungsgeschichte der Natter, S. 54 u. f. His, Untersuchungen über die erste Anlage des Wirbelthierleibes, S. 129, 158.

dehnung nach vorn durch die Festheftung des Embryo an der Keimblase sich immer grössere Widerstände entgegensetzen, nach hinten wachsend zunächst das Zwischenhirn, dann auch das Mittelhirn und endlich selbst das Cerebellum überwölben; hierbei folgt er zugleich der Kopfkrümmung, indem er mit seinem hintersten das Mittel- und Hinterhirn bedeckenden Theil sich umbeugt. Da nun aber jede der Hemisphären des Vorderhirns an der entsprechenden Hälfte des Zwischenhirns wie an ihrem Stiel aufsitzt, so muss sie auf diese Weise einen Bogen beschreiben, der die Gegend des Zwischenhirns zu seinem Mittelpunkt hat. Je stärker die Hemisphäre wächst, um so weiter erstreckt sich der umgebogene Theil wieder gegen den Anfangspunkt seines Wachsthums zurück, um so mehr nähert sich also der um das Zwischenhirn beschriebene Bogen einem vollständigen Kreise. Auf diese Weise entsteht an der Stelle wo die Hemisphäre dem Zwischenhirn als ihrem Stammtheil aufsitzt eine Vertiefung, die Sylvische Grube (Fig. 16), die, wenn sich der Bogen des Wachsthums, wie es an den entwickeltsten Säugethiergehirnen der Fall ist, nahezu vollständig schliesst, zu einer engen und tiefen Spalte wird.

Die Umwachsung des Hirnstamms durch das Vorderhirn zieht als nothwendige Folge eine Umgestaltung der seitlichen Hirnkammern nach sich. Die letzteren, die ursprünglich, der Form des Hemisphärenbläschens entsprechend, einer Hohlkugel gleichen, buchten zuerst nach hinten und dann, sobald der Bogen der Hemisphärenwölbung wieder gegen seinen Ausgangspunkt zurückkehrt, nach unten und vorn sich aus. Dabei wächst die Aussenwand des Seitenventrikels rascher als die innere oder mediane Wand desselben, welche den Hirnstamm umgiebt. In dieser befindet sich ein ursprünglich aufrecht stehender Schlitz, der MONRO'sche Spalt (*a* Fig. 17), durch welchen die seitliche Hirnkammer mit der Höhle des Zwischenhirns, dem 3. Ventrikel, communicirt. Vor ihm sind die beiden Hemisphärenblasen durch eine Marklamelle verwachsen (*b d*). Indem nun das Vorderhirn die übrigen Hirntheile überwölbt, folgt der MONRO'schen Spalt samt seiner vordern Grenzlamelle dieser Bewegung. Im entwickelten Gehirn hat er daher die Form eines um das Zwischenhirn geschlungenen Bogens, welcher die Form des Hemisphärenbogens wiederholt. Er schliesst sich übrigens bald in seinem hinteren Abschnitt, nur der vorderste Theil bleibt offen: durch ihn treten Gefässhautfortsätze aus dem dritten Ventrikel in die seitliche Hirnkammer. Von der vor ihm gelegenen weissen Grenzlamelle wird das unterste Ende zur vordern Commissur (*h*), der übrige der Hemisphärenwölbung ebenfalls folgende Theil ist die Anlage des Gewölbes. Unmittelbar über dem letzteren werden dann die beiden Hemisphären durch ein mächtiges, queres Markband, den Balken oder die grosse Com-

missur (g), mit einander vereinigt; der über dem Balken gelegene Theil der medianen Hemisphärenwand aber bildet ebenfalls einen Bogen, der durch eine besondere Furche ff' gegen seine Umgebung begrenzt ist: auf solche Weise entsteht der concentrisch zu dem Gewölbe verlaufende Randbogen (h), dessen vordere Abtheilung (h') zur Bogenwindung wird, während die hintere (h'') in ein mit der Bogenwindung zusammenhängendes Gebilde übergeht, das von der medianen Seite her in die seitliche Hirnkammer vorragt und das Ammonshorn genannt wird. Auf die nähere Beschreibung dieser Theile, die erst im Säugethierhirn zur Entwicklung gelangen, werden wir später zurückkommen.

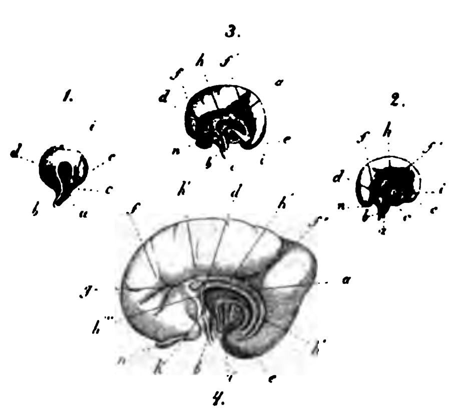


Fig. 17. Wachsthum des menschl. Vorderhirns, von der Medianseite gesehen, halb schematisch nach FR. SCHMIDT. 1. Embryo aus der 6. Woche, 2. aus der 8. Woche, 3. aus der 10. Woche, 4. aus der 16. Woche *a* MONRO'scher Spalt. *b* bis *d* Vordere Grenzlamelle desselben. *c* Hirnstiel. *e* Unterer Hemisphärenlappen. *i* Hintere Begrenzung des MONRO'schen Spaltes. *k* Vordere Commissur. *g* Balken. *h* Randbogen. *h'* Vorderer, *h''* hinterer Theil desselben. *ff'* Längsfurche des Hemisphärenbläschens, welche die Bogenwindung begrenzt. *n* Riechlappen.

Nachdem oben versucht worden ist eine allgemeine Uebersicht der Gehirnentwicklung zu gewinnen, gehen wir nunmehr zur speciellen Betrachtung der einzelnen Hirntheile über, der wir vorzugsweise die Morphologie des menschlichen Gehirns zu Grunde legen wollen.

Mit den Bedingungen, durch welche die Ausbildung der Kernformation in Gestalt von Nerven- und Ganglienkernen gegeben wird, hängt es unmittelbar zusammen, dass im verlängerten Mark der äussere Ursprung der peripherischen Nerven die einfache Regel, wie sie im Rückenmark befolgt ist, nicht mehr vollständig einhält, sondern dass die Nervenwurzeln mehr oder weniger verschoben erscheinen. Zwar treten diese noch annähernd in zwei Längsreihen, einer vordern und hintern, hervor, aber nur aus der vordern Seitenfurche kommen ausschliesslich motorische Wurzelfasern, die des zwölften Hirnnerven oder Zungenfleischnerven, aus der hintern oder wenigstens ihr sehr genähert entspringen dagegen sowohl sensible wie motorische Bündel, nämlich die Wurzeln aller übrigen Hirnnerven mit Ausnahme des Riech- und Sehnerven und der beiden vordern

ebenfalls in ihrem Ursprung weiter nach vorn verlegten Augenmuskelnerven (vgl. Fig. 23 [1]).

Bei den niedern Wirbelthieren ist der äussere Verlauf der Faserbündel noch wenig von demjenigen im Rückenmarke verschieden, nur die Hinterstränge lassen aus einander weichend die Rautengrube zu Tage treten (Fig. 11 u. 12), und auf Durchschnitten zeigen sich die grauen Hörner von der centralen grauen Substanz getrennt und dadurch in den Verlauf der Vorder- und Hinterstränge hineingeschoben. Uebrigens weicht das verlängerte Mark bei den Fischen verhältnissmässig mehr vom Rückenmark ab als bei den sonst in ihrem Gehirnbau höher stehenden Amphibien und Vögeln, häufig ist es äusserlich durch seichte Furchen in mehrere Stränge geschieden, die den relativ beträchtlichen Nervenkernen im Innern entsprechen [2].

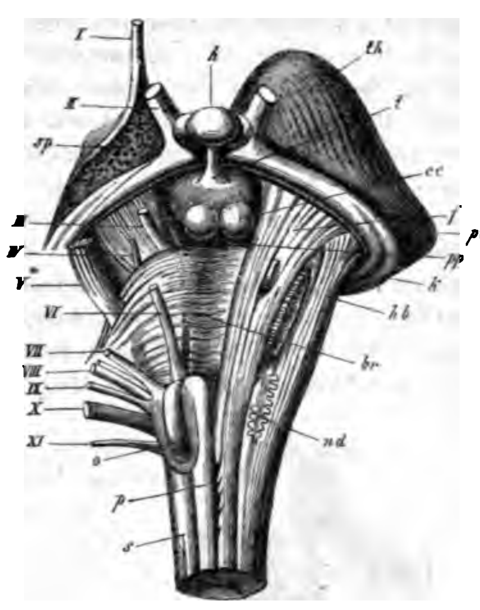


Fig. 18. Vordere Ansicht des verlangertem Marks vom Menschen, mit der Brücke und den angrenzenden Theilen der Hirnbasis. Links ist die Fortsetzung der Rückenmarksstränge durch die Brücke in den Hirnschenkel durch Zerfaserung dargestellt und die untere Fläche des Sehhügels blossgelegt. *p* Pyramide. *o* Olive. *s* Seitenstrang. *nd* Gezahnter Kern der Olive. *br* Hirnbrücke. *f* Fuss des Hirnschenkels. *hb* Haube des Hirnschenkels. Beide sind durch ein tiefes Querfaserbündel der Brücke, welches quer durchschnitten wurde, von einander getrennt. *cc* Weisse Hügelchen (corpora candicantia). *t* Grauer Hügel mit dem Hirntrichter. *h* Hirnanhang. *th* Sehhügel. *pr* Polster (pulvinar) des Sehhügels. *k* Kniehöcker. *sp* Vordere durchbrochene Substanz. *pp* Hintere durchbrochene Substanz. *I—XI* Erster bis elfter Hirnnerv. *I* Riechnerv. *II* Sehnerv. *III* Gemeinsamer Augenmuskelnerv (Oculomotorius). *IV* Oberer Augenmuskelnerv (Trochlearis). *V* Dreigetheilter Hirnnerv (Trigeminus). *VI* Aeusserer Augenmuskelnerv (Abducens). *VII* Antlitznerv (Facialis). *VIII* Hornerv (Acusticus). *IX* Zungenschlundkopfnerv (Glossopharyngeus). *X* Lungenmagennerv (Vagus). *XI* Beinerv (Accessorius).

Bei den Säugethieren kann man zwar wie am Rückenmark Vorder-, Seiten- und Hinterstränge unterscheiden, dieselben haben aber hier besondere Namen erhalten, weil sie theils durch den verwickelteren Verlauf ihrer Fasern theils durch das Auftreten von Gang-

[1] Nerv. oculomotorius und trochlearis, der dritte Augenmuskelnerv (abducens) entspringt noch aus dem vordersten Theil des verl. Marks.

[2] Owen, anatomy of vertebrates vol. III. pag. 273. Stieda, Zeitschr. für wiss. Zool. Bd. 18. Taf. II, Fig. 20 und 21.

lienkernen in ihrem Innern wesentlich von den entsprechend gelagerten Rückenmarkssträngen verschieden sind, auch grossentheils nicht die unmittelbaren Fortsetzungen derselben darstellen. Die vordern Stränge heissen Pyramiden (*p* Fig. 18): im untern Theil ihres Verlaufs kreuzen sich deren Bündel, so dass die vordere Mittelspalte ganz zum Verschwinden kommt. Diese Kreuzung erscheint wie eine mächtigere Wiederholung der in der vordern Commissur stattfindenden Kreuzung der Vorderstränge des Rückenmarks. An ihrem oberen Ende werden die Pyramiden zu beiden Seiten von den so genannten Oliven (*o*) begrenzt: sie sind durch einen Ganglienkern, der auf Durchschnitten eine gezahnte Gestalt besitzt (*nd*) und daher auch der gezahnte Kern (nucleus dentatus) heisst, zu Erhabenheiten aufgebläht, welche eine gewisse Aehnlichkeit mit der Gestalt einer Olive besitzen. Die vertical aufsteigenden Faserbündel, von welchen diese Kerne umschlossen sind, pflegt man als Hülsenstränge zu bezeichnen. Die Seitenstränge (*s* Fig. 18 und 19) werden vom unteren Ende des verl. Marks an schwächer, um endlich ungefähr in der Höhe, in der sich die Rautengrube eröffnet, ganz in der Tiefe zu verschwinden. Dafür nehmen die Hinterstränge äusserlich an Umfang zu: im untern Abschnitt der medulla oblongata werden sie durch eine seichte Furche in eine innere und äussere Abtheilung, den zarten und keilförmigen Strang (*fg* und *fc* Fig. 19) geschieden, welche am untern Ende der Rautengrube kolbige Anschwellungen besitzen, die von grauen Kernen in ihrem Innern herrühren. Weiter nach oben scheinen sich dann beide Abtheilungen in die Stränge fortzusetzen, welche beiderseits die Rautengrube begrenzen. Diese werden die strickförmigen Körper genannt (*r* Fig. 19) sie sind

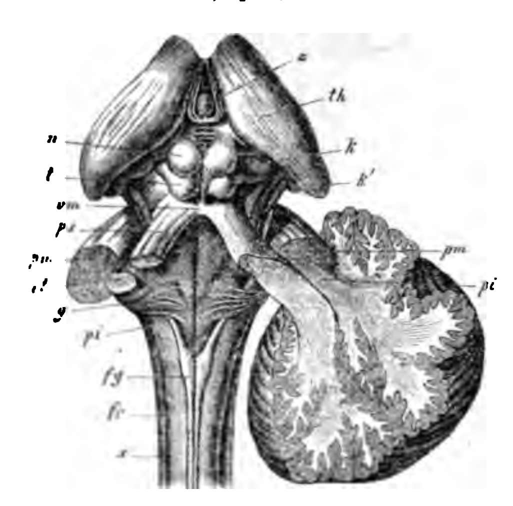


Fig. 19 Hintere Ansicht des verl. Marks vom Menschen mit den Vier- und Sehhügeln und den Kleinhirnschenkeln. Auf der rechten Seite ist die Ausstrahlung der Kleinhirnschenkel im kleinen Gehirn dargestellt. *fg* Zarter Strang (funiculus gracilis), *fc* Keilförmiger Strang (fun. cuneatus), *s* Seitenstrang. Indem diese Stränge divergiren lassen sie die Rautengrube hervortreten, auf deren Boden die runden Erhabenheiten [illegible] in der Mitte durch [illegible] Längsfurche getrennt, sichtbar sind. [illegible] Untere Kleinhirnstiele (strickförmige Körper), *pm* Mittlere Kleinhirnstiele [illegible] Obere Kleinhirnstiele [illegible] [illegible]

der Masse nach die bedeutendsten Stränge des verl. Marks, enthalten ebenfalls graue Kerne in ihrem Innern und zeichnen sich durch den verschlungenen, geflechtartigen Verlauf ihrer Fasern aus. Nach oben treten die strickförmigen Körper vollständig in das Mark des kleinen Gehirns ein, sie bilden die unteren Stiele dieses Organs. Zwischen ihnen kommen auf dem Boden der Rautengrube, unmittelbar bedeckt von der Höhlenformation der grauen Substanz, zwei Stränge zum Vorschein, welche die nach vorn vom Centralkanal gelegenen Theile des Rückenmarks, also die Vorderhörner nebst den in der Tiefe gelegenen Theilen der Vorderstränge, fortzusetzen scheinen. Diese den Boden der Rautengrube ausfüllenden zumeist aus grauer Substanz bestehenden Gebilde heissen wegen ihrer convex gewölbten Form die runden Stränge oder runden Erhabenheiten (eminentiae teretes *et*); ihre graue Substanz hängt mit den meisten Nervenkernen des verl. Marks zusammen, doch sind einzelne der letztern in Folge der Zerklüftung des Marks durch weisse Stränge weiter von der Mittellinie entfernt und isolirt worden. Zu allen hier geschilderten Gebilden kommt noch schliesslich als weitere Folgeerscheinung der veränderten Structurbedingungen eine neue Formation von Fasergruppen, welche in querer Richtung das Mark umschlingen, zum Theil in die vordere Mittelspalte sowie in die Furche zwischen den Pyramiden und Oliven eintreten, zum Theil über die Rautengrube hinziehen und so im Ganzen einen sehr verwickelten, noch wenig aufgeklärten Verlauf nehmen[1]. Die Bedeutung dieser gürtel- oder bogenförmigen Fasern (fibrae arcuatae, stratum zonale. *g*) scheint darin zu bestehen, dass sie verschiedene in derselben Höhe liegende Anhäufungen grauer Substanz mit einander in Verbindung setzen: namentlich lassen sich viele einerseits in die Kerne der Oliven anderseits in die Kerne der strickförmigen Körper hineinverfolgen, während andere mit den Ursprungsfasern der Hörnerven zusammenzuhängen scheinen. Das Auftreten dieses zonalen Fasersystems scheint somit von denselben Bedingungen abzuhängen, in welchen auch die Zerklüftung der grauen Substanz ihren Grund hat, von dem Erforderniss nämlich die Centralheerde verschiedenartiger Faserstränge mit einander in Verbindung zu setzen.

Am vordern Ende des verlängerten Marks tritt eine weitere wesentliche Umgestaltung der bisherigen Formverhältnisse ein durch das hier aus der Anlage des dritten Hirnbläschens hervorgewachsene Kleinhirn. Das letztere entfernt sich auf der niedrigsten Stufe seiner Bildung (Fig. 11

[1] Nur auf mikroskopisch untersuchten Querschnitten des verl. Marks kann dieser Verlauf etwas näher verfolgt werden. Vgl. Cap. IV, Fig. 47 Z.

und 12) äusserlich noch wenig von der Beschaffenheit seiner ursprünglichen Anlage: es überbrückt als eine quere Leiste das obere Ende der Rautengrube und nimmt beiderseits die strickförmigen Körper in sich auf, während nach oben eine Markplatte zum Mittelhirn aus ihm entspringt (Fig. 14), beiderseits aber quere Faserzüge hervorkommen, welche gegen die untere Fläche des verlängerten Marks verlaufen und sich theils mit einander theils mit den senkrecht aufsteigenden Faserzügen der Pyramiden- und Olivenstränge zu kreuzen scheinen. Diese Verbindungsverhältnisse bleiben auch nachdem das Kleinhirn eine weitere Ausbildung erreicht hat die nämlichen. Die aus den strickförmigen Körpern in dasselbe eintretenden Bündel sind die unteren Kleinhirnstiele (processus ad med. oblongatam, *pi* Fig. 19), die aus ihm nach oben zum Mittelhirn tretenden Markfasern sind die oberen Kleinhirnstiele (processus ad corpora quadrigemina oder ad cerebrum, *ps*), die letzteren werden durch eine dünne Markplatte vereinigt, welche die Rautengrube von oben bedeckt: das obere Marksegel (velum medullare superius, *vm*); dasselbe verbindet unmittelbar das Mark des kleinen Gehirns mit der nächsten Hirnabtheilung, dem Mittelhirn oder den Vierhügeln. Die aus den beiden Seiten des Kleinhirns hervorkommenden Markstränge endlich bilden die mittieren Kleinhirnstiele oder Brückenarme (processus ad pontem, *pm*). Das durch die Vereinigung der letzteren und ihre Kreuzung mit den longitudinal aus dem verlängerten Mark aufsteigenden Marksträngen an der Basis des Hinterhirns gelegene Gebilde wird die Brücke (pons Varolii, *br* Fig. 18) genannt. Sie stellt in der That eine Brücke, ein Verbindungsglied dar, einerseits in longitudinaler Richtung zwischen Nachhirn und Mittelhirn, anderseits in horizontaler Richtung zwischen den beiden Seitenhälften des Cerebellums. Aber während die vordern und hintern Kleinhirnstiele schon bei der primitivsten Ausbildung des Kleinhirns deutlich zu beobachten sind, gewinnen die mittleren erst in Folge der fortgeschrittenen Entwicklung dieses Hirntheils, namentlich seiner Seitentheile, eine solche Mächtigkeit, dass dadurch die Brücke als besonderes Gebilde zu unterscheiden ist. Noch bei den Vögeln, ebenso bei allen niedereren Wirbelthieren bemerkt man an der Stelle derselben fast nur die longitudinalen Fortsetzungen der Vorder- und Seitenstränge des verl. Marks (Fig. 20 *B*). Von den Stellen an, wo die Stiele des Kleinhirns hinten, vorn und seitlich in dasselbe eintreten strahlen die Markfasern gegen die Oberfläche dieses Organs aus.

Die morphologische Ausbildung des Cerebellum vollzieht sich verhältnissmässig frühe. Bei allen Wirbelthieren ist dieser hintere Abschnitt des Hirnmantels von grauer Rinde bedeckt, welche deutlich von der das Innere einnehmenden Markfaserstrahlung geschieden ist, und schon bei den niedersten Wirbelthieren (den Fischen) zerfällt die Rinde des Kleinhirns in

einige durch ihre verschiedene Färbung ausgezeichnete Schichten [1]. Im Cerebellum der Amphibien finden sich bereits Gruppen von Nervenzellen als erste Spuren von Ganglienkernen in den Verlauf der Markfasern eingeschoben, diese mehren sich bei den Vögeln, während zugleich an der Rinde die Schichtenbildung deutlicher ist und durch Faltung der Oberfläche eine Massezunahme der Rindenelemente möglich wird [2] (Fig. 14 und 20).

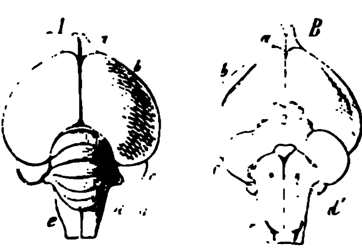


Fig. 20. Gehirn des Haushuhns, nach C. G. CARUS. *A* obere, *B* untere Ansicht. *a* Riechkolben. *b* Grosshirn. *c* Zweihügel. *d* Kleinhirn. *d'* Dessen rudimentäre Seitentheile. *e* Verl. Mark. *2* Nerv. opticus.

Eine weitere Formentwicklung erfährt endlich das Cerebellum bei den Säugethieren, indem neben einem unpaaren mittleren Theil, welcher wegen seiner in quere Falten gelegten Oberfläche den Namen des Wurmes trägt, stärker entwickelte symmetrische Seitentheile vorhanden sind, die freilich bei den niedersten Säugethieren noch hinter dem Wurm zurücktreten, bei den höheren aber denselben von allen Seiten umwachsen (Fig. 21). Mit den Seitentheilen entwickeln sich auch die bei den niederen Wirbelthieren nur als schwache Querfaserzüge zur medulla oblongata angedeuteten Brückenarme zu grösserer Mächtigkeit. Die Querfalten der grauen Oberfläche nehmen an Menge zu und bieten auf Durchschnitten das Bild einer zierlichen Baumverzweigung, das man Lebensbaum (arbor vitae, *av* Fig. 21) genannt hat. Zugleich treten in der Markfaserstrahlung

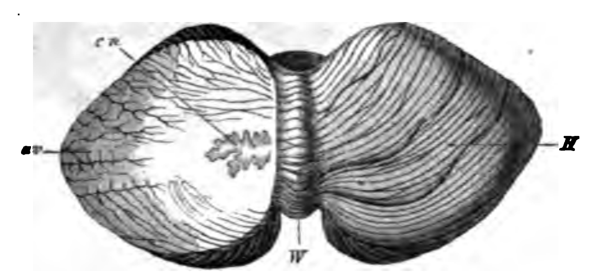


Fig. 21. Obere Ansicht des Kleinhirns vom Menschen. Auf der linken Seite ist durch einen Schrägschnitt der gezahnte Kern *cn* und der Lebensbaum *av* blossgelegt. *W* Wurm. *H* Rechte Hemisphäre.

[1] Man unterscheidet eine aussere helle Rindenschicht, eine innere dunklere Körnerschicht und zwischen beiden als lichten Saum eine schmale Grenzschicht. Die äussere Schichte besteht aus feinkörniger Neuroglia, die innere aus dunkeln Körnern, die Grenzschichte aus Nervenzellen und Nervenfasern. Im wesentlichen dieselben Schichten sind es, die man noch bei den Vögeln und Säugethieren antrifft (s. unten). Die Kleinhirnrinde erfahrt also schon in der niedersten Wirbelthierclasse ihre vollständige morphologische Ausbildung, sehr verschieden von der Grosshirnrinde, die, wie wir sehen werden, sehr bedeutende Entwicklungsunterschiede darbietet. Vgl. OWSJANNIKOW, bulletin de l'academie de St. Petersbourg, t. IV. STIEDA, Zeitschr. f. wissensch. Zool. Bd. 18. S. 34.

[2] STIEDA, Zeitschr. f. wissensch. Zool. Bd. 18, S. 39 und Bd. 20, S. 273.

des Kleinhirns mächtigere Ganglienkerne auf. So findet sich namentlich in jeder Seitenhälfte des Säugethierhirns ein dem Olivenkern gleichender gezahnter Kern (nucleus dentatus cerebelli, *cn*)[1]. Andere Nester grauer Substanz von analoger Bedeutung sind in der **Brücke** zerstreut, ihre Zellen sind wahrscheinlich zwischen den verschiedenen hier sich kreuzenden Faserbündeln eingeschoben.

Das **Mittelhirn**, die den Vierhügeln der Säugethiere, den Zweihügeln oder lobi optici der niedern Wirbelthiere entsprechende Abtheilung des Hirnstamms (*nt* Fig. 19, *d* Fig. 11), enthält, da es kein Nebenbläschen, also keinen Manteltheil entwickelt, nur zwei Formationen grauer Substanz, Höhlen- und Kernformation. Die erstere umgibt als eine Schichte von mässiger Dicke die Sylvische Wasserleitung: die vordersten Nervenkerne

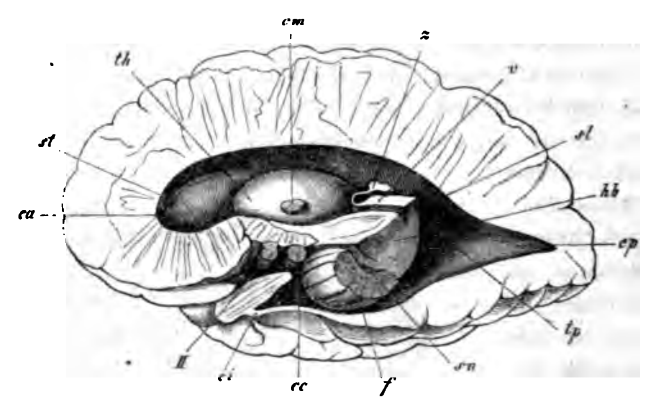


Fig. 22. Hirnschenkel und seitliche Hirnkammer der rechten Hemisphäre vom Menschen. *f* Fuss des Hirnschenkels. *sn* Schwarze Substanz. *hb* Haube. *sl* Schleife. *r* Vierhügelplatte. *z* Zirbel. *th* Sehhügel. *cm* Mittlere Commissur. *cc* corpus candicans. *st* Streifenhügel. *ca* Vorderes, *cp* hinteres, *ci* unteres Horn der seitlichen Hirnkammer. *tp* Balkentapete. *II* Sehnerv.

(des Oculomotorius, Trochlearis und der oberen Quintuswurzel) stehen mit ihr in Verbindung. Ganglienkerne finden sich theils innerhalb der Zwei- oder Vierhügel, theils in den Verlauf der unter der Sylvischen Wasserleitung hingehenden Markstränge eingestreut. Diese paarigen, in der Mitte aber zusammenhängenden Markmassen, welche zunächst als Fortsetzungen der

[1]) Ein zweiter sehr kleiner Kern liegt in der dünnen Markplatte, welche die Markkerne beider Kleinhirnhemisphären verbindet und sich nach vorn in das vordere Marksegel fortsetzt. Es ist der Dachkern STILLINGS. (HENLE, system. Anatomie III, S. 226, Fig. 159.)

Vorder- und Seitenstränge des verl. Marks erscheinen, dann aber sich durch weitere longitudinale Faserzüge verstärken, die aus den Vier- und Sehhügeln hervorkommen, werden während ihres ganzen Verlaufs von der medulla oblongata an bis zum Eintritt in die Hemisphären die Hirnschenkel genannt. Das Säugethiergehirn enthält in dem zum Mittelhirngebiet gehörigen Theil der Hirnschenkel zwei deutlich umschriebene Ganglienkerne, von denen der eine, durch seine dunkle Färbung ausgezeichnet, die schwarze Substanz (substantia nigra SÖMMERING) heisst (*sn* Fig. 22). Er trennt jeden Hirnschenkel in einen unteren, zugleich mehr nach aussen gelegenen Theil, den Fuss (basis pedunculi, *f* Fig. 22 und Fig. 18), und in einen oberen, mehr der Mittellinie genäherten Theil, die Haube oder Decke (tegmentum pedunculi, *hb* ebend.). Der oberste und innerste Theil der Haube, welcher als ein am vordern Ende schleifenförmig gewundenes Markband unmittelbar die Vierhügel trägt, wird Schleife (laqueus) genannt (*sl* Fig. 20)[1]. Ein zweiter Kern befindet sich inmitten der Haube und wird, ebenfalls wegen seiner Farbe, als der rothe Kern derselben (nucleus tegmenti) bezeichnet (*hb* Fig. 27). Auf den Hirnschenkeln sitzen nun die Vierhügel (*v* Fig. 22), nach hinten mit dem oberen Kleinhirnstiel zusammenhängend, nach vorn und seitlich Markfasern abgebend, die theils der Haube des Hirnschenkels sich beimischen, theils in die Sehhügel übergehen, theils endlich die Ursprünge der Sehnerven bilden. Die Verbindung mit den Sehhügeln und mit den Sehnerven wird bei den Säugethieren durch die Vierhügelarme vermittelt (Fig. 19). Das vordere Vierhügelpaar hängt nämlich durch die vorderen Arme mit den Sehhügeln, das hintere durch die hinteren Arme mit dem inneren Kniehöcker zusammen. In den Zwischenraum zwischen das vordere Vierhügelpaar und das hintere Ende der Sehhügel liegt die Zirbel (conarium) eingesenkt, ein den Lymphdrüsen verwandtes Gebilde, welches dem Gehirn nur äusserlich anhängt (*z* Fig. 19 und 22). Bei den Säugethieren sind die Vierhügel, wie schon früher bemerkt, vollkommen solide Gebilde geworden. Sie sind durch eine Markplatte verbunden, welche nach hinten unmittelbar in das obere Marksegel und nach vorn in die an der Grenze zwischen Vier- und Sehhügeln gelegene hintere Commissur übergeht (*cp* Fig. 24). In den lobi optici der niederern Wirbelthiere ist die Ausfüllung keine vollständige, sondern sie enthalten eine mehr oder weniger geräumige Höhle, die mit der Sylvischen Wasserleitung communicirt, und auf deren Boden sich jeder-

[1] Manche Anatomen unterscheiden denselben nach ARNOLD (Handb. d. Anatomie Bd. II, S. 781) als einen besondern Theil des Hirnschenkels. In der That ist diese Unterscheidung für die physiologische Betrachtung angemessen, da, wie wir sehen werden, die Faserbündel der Schleife einer besonderen Leitungsbahn entsprechen, die in den Vierhügeln ihr nächstes Ende findet. Vgl. Cap. IV.

seits eine durch Gangliengrau gebildete Hervorragung befindet (torus semicircularis Halleri, *ts* Fig. 15).

Das Zwischenhirn oder Sehhügelgebiet (thalami optici) steht bei allen niederern Wirbelthieren an Grösse hinter dem Mittelhirn zurück (*f* Fig. 11), erst bei den Säugethieren übertrifft es das letztere (*th* Fig. 18, 19 und 22); doch erstreckt sich bei den Fischen eine paarige Verlängerung des Zwischenhirns nach unten zur Hirnbasis und tritt hier in Gestalt zweier halbkugeliger Erhabenheiten hervor, die unter den lobi optici und etwas nach vorn von denselben liegen. Es sind dies die unteren Lappen (lobi inferiores) des Fischgehirns (*li* Fig. 15). Sie enthalten einen Hohlraum, welcher mit dem dritten Ventrikel, jener spaltförmigen Oeffnung, die in Folge des vordern Deckenrisses das Zwischenhirn in die beiden thalami trennt, zusammenhängt. Wo die lobi inferiores zusammenstossen hängt an ihnen ein unpaares Gebilde, der Hirnanhang (hypophysis cerebri, ebend. *h*), welches nur in seiner obern Hälfte eine Ausstülpung des Zwischenhirns, in seiner untern dagegen ein Rest embryonalen Gewebes ist, welches ursprünglich dem oberen Ende des Schlundes angehörte und bei der Entwicklung der Schädelbasis mit dem Zwischenhirn verbunden blieb[1]). Die Hypophysis bleibt auch bei den höheren Wirbelthieren bestehen, bei welchen in Folge der mächtigeren Entwicklung der Hirnschenkel die lobi inferiores ganz verschwunden sind (*h* Fig. 23). Hier kommt die ganglöse Substanz des Zwischenhirns an der Hirnbasis nur noch zwischen den aus einander weichenden Hirnschenkeln in Gestalt einer grau gefärbten Erhabenheit, des grauen Höckers (tuber cinereum), zum Vorschein, der nach vorn gegen die Hypophysis hin mit einer trichterförmigen Verlängerung, dem Hirntrichter (infundibulum), zusammenhängt (Fig. 12 u. 18). Der Trichter enthält eine enge Höhle, die nach oben mit dem dritten Ventrikel communicirt. Der Eintritt kleiner Blutgefässe verleiht der grauen Substanz zwischen den Hirnschenkeln ein siebförmig durchbrochenes Ansehen, daher man diese Stelle als hintere durchbrochene Platte bezeichnet (lamina perforata posterior, *pp* Fig. 23 und Fig. 18). Bei den Säugethieren schliessen sich an den Boden des Zwischenhirns zwei markige Erhabenheiten, die weissen Hügel (corpora candicantia oder mammillaria) an (*cc*): wie Trichter und Hypophysis nach vorn, so begrenzen sie, unmittelbar vor dem Abschluss der Brücke gelegen, den grauen Hügel nach hinten; ihre genetische Bedeutung ist noch unbekannt.

Gleich dem Mittelhirn enthält auch das Zwischenhirn die graue Sub-

[1]) W. Müller, Jenaische Zeitschr. f. Med. u. Naturw. Bd. 6. S. 354.

stanz theils als Höhlen- theils als Kernformation. Zunächst ist nämlich der Hohlraum des dritten Ventrikels von einem grauen Beleg bekleidet, welcher zugleich einen dünnen Markstrang überzieht, der die beiden Sehhügel vereinigt und die **mittlere Commissur** genannt wird (Fig. 22 *cm*).

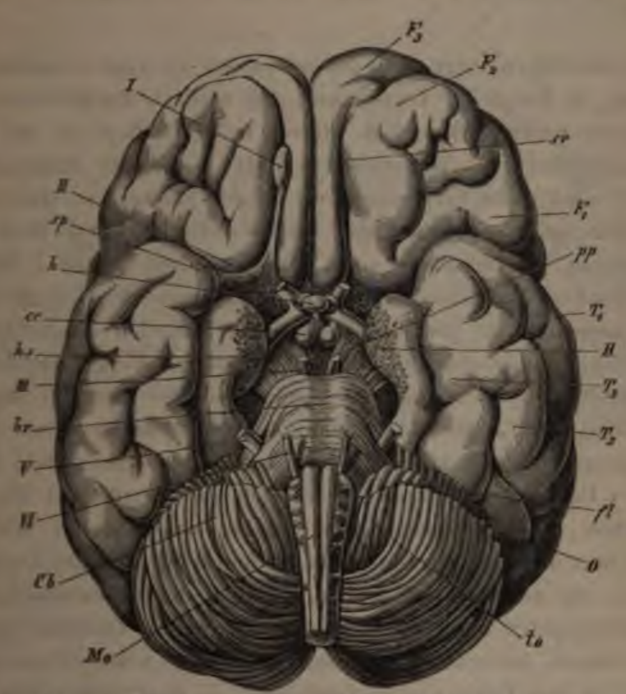


Fig. 23. Basis des menschlichen Gehirns. *Mo* Verl. Mark. *Cb* Untere Fläche des Kleinhirns. *fl* Flocke. *to* Tonsille. *br* Brücke. *hs* Hirnschenkel. *cc* Weisse Hügelchen. *h* Hirnanhang. *sp* Vordere durchbrochene Substanz (Riechfeld). *pp* Hintere durchbrochene Substanz (zwischen den aus einander weichenden Hirnschenkeln). *I* Riechnerv mit dem bulbus olfactor. (Auf der linken Seite ist derselbe entfernt.) *II* Sehnerv. *III* Nerv. oculomotorius. *V* Trigeminus. *VI* Abduceus. F_3 Untere Stirnwindung. F_2 Mittlere Stirnwindung. *sr* Riechfurche. F_1 Obere Stirnwindung. T_1 Obere, T_2 mittlere und T_3 untere Schläfenwindung. *O* Hinterhauptswindung. *H* Hippokampischer Lappen.

Dieses Höhlengrau des dritten Ventrikels erstreckt sich bis an die Hirnbasis herab, wo es in den grauen Höcker und Trichter unmittelbar übergeht. Ausserdem aber sind im Innern der Sehhügel mehrere durch Markmassen von einander getrennte Ganglienkerne eingestreut (Fig. 27 *th*). Ebensolche sind in zwei kleineren hügelähnlichen Erhabenheiten zu finden, die bei den Säugethieren den hinteren Umfang des Sehhügels begrenzen und äusserlich mit demselben zusammenhängen, in dem **äusseren** und **inneren Kniehöcker** (*k' k* Fig. 19). Mit beiden Kniehöckern ist der Ursprung des Sehnerven verwachsen, in den inneren Kniehöcker geht ausser-

dem der vordere Vierhügelarm über. Während der vordere und äussere Umfang des Sehhügels sich sanft abgedacht zeigt, ist nach hinten die obere von der unteren Fläche desselben durch einen wulstigen Rand geschieden, den man das Polster (pulvinar) nennt (*pv* Fig. 18).

Das Vorderhirn sitzt dem Zwischenhirn als eine ursprünglich einfache, später, in Folge der Fortsetzung des vordern Deckenrisses auf dieselbe, meistens paarige Blase auf, deren beide Hälften in der Regel am Boden zusammenhängen. Am vordern Ende, nahe der Abgangsstelle der Riechkolben, wird diese Verbindung oft wieder stärker, so dass manchmal die Längsspalte auch an der oberen Fläche auf eine kurze Strecke durch eine commissura interlobularis zum Verschwinden kommt. Da wo der Deckenriss des Zwischenhirns sich in die Längsspalte der Hemisphären fortsetzt steht ursprünglich der dritte Ventrikel mit den Aushöhlungen der beiden Hemisphärenbläschen in offenem Zusammenhang. Im Gehirn der Fische schliesst sich auch diese Oeffnung, ebenso wie die des zweiten Nebenbläschens, des Cerebellum, indem die Hemisphären durch Ausfüllung ihres Innenraumes mit Markmasse in vollkommen solide Gebilde übergehen (*g* Fig. 11). Der dritte Ventrikel setzt sich in diesem Fall als unpaarer Spalt zwischen die Hemisphären fort[1]. Bei den höheren Wirbelthieren dagegen wuchert der Gefässfortsatz, der in den Hohlraum des Zwischenhirns sich einsenkt, aus diesem auch in die beiden Hemisphärenbläschen. Indem nun das Zwischenhirn mit Ausnahme der als dritter Ventrikel persistirenden Spalte durch Nervenmasse ausgefüllt wird, verschliesst sich auch mehr und mehr jene Communicationsöffnung, so dass schliesslich nur zwei enge Oeffnungen am vordern Ende des dritten Ventrikels übrig bleiben, welche eben den Eintritt der Gefässe in die beiden Hirnkammern gestatten. Dies sind die Monro'schen Oeffnungen (*mo* Fig. 24), die Reste der ursprünglichen Monro'schen Spalten[2]. Sie sind vorn durch eine Markscheidewand von einander getrennt, welche die hintere Vereinigungsstelle der beiden Hemisphärenblasen darstellt. Der Boden dieser Scheidewand wird meist durch stärkere Markbündel gebildet, welche von der einen Seite zur andern ziehen, die vordere Commissur (*ca*). Schon bei den

[1] Seitenventrikel kommen übrigens vor bei den Dipnoern, deren Gehirn in seiner Structur dem der Batrachier sich nähert, z. B. bei Lepidosiren. Owen, anatomy of vertebrates vol. I, p. 282, Fig. 186. Für die Deutung der zwischen den Hemisphären befindlichen Spalte als oberstes Ende des Centralkanals spricht die Fortsetzung des Cylinderepithels aus dem letzteren auf die einander zugekehrten Hemisphärenflächen. Beim Barsch (Cyprinus tinca) ist überdies der Hemisphärenspalt durch eine obere und untere interlobuläre Commissur stellenweise zum Kanal geschlossen. Stieda, Zeitschr. f. wiss. Zoologie. Bd. 18, S. 57.

[2] Siehe oben S. 57 und Fig. 17.

Reptilien, noch mehr aber bei den Vögeln und Säugethieren wachsen die Hemisphären so bedeutend, dass das Zwischenhirn von ihnen mehr oder weniger vollständig überwölbt wird. In Folge dessen buchten sich auch die seitlichen Hirnkammern nach hinten aus, und es erscheinen nun die



Fig. 24. Medianschnitt des menschlichen Gehirns. *r* Rautengrube. *br* Hirnbrücke. *cc* corpus candicans. *rd* Absteigende, *ra* aufsteigende Wurzel des Gewölbes. *h* Hypophysis. *II* Sehnerv. *ca* Vordere Commissur. *cb* Weisse Bodencommissur. *mo* Monro-sche Oeffnung. *bk* Balken. *sp* Durchsichtige Scheidewand (septum pellucidum). *f* Gewölbe (fornix). *cm* Mittlere Commissur. *th* Sehhügel. *cp* Hintere Commissur. *z* Zirbel. *v* Vierhügel. *m* Vorderes Marksegel. *W* Wurm des Cerebellum mit dem Lebensbaum. F_3 Untere Stirnwindung. *Gf* Bogenwindung (gyrus fornicatus). *C* Begrenzungsfurche der Bogenwindung (fissura calloso-marginalis). *R* Rolando'sche Furche. *Vc* Vordere Centralwindung. *Hc* Hintere Centralwindung. *Pr* Vorzwickel (Praecuneus). *O* Senkrechte Occipitalfurche. *Cn* Zwickel (Cuneus). *O'* Horizontale Occipitalfurche. α, β Richtungen der in Fig. 27 dargestellten Querschnitte.

Sehhügel nicht mehr als ein h i n t e r den Hemisphären gelegener Hirntheil, sondern als Hervorragungen, welche mit dem grössten Theil ihrer Oberfläche in die seitlichen Hirnkammern hineinragen und nur noch mit ihrer inneren Seite dem dritten Ventrikel zugekehrt sind.

Im Vorderhirn kommt die graue Substanz in ihren drei Formationen vor: als Höhlengrau bedeckt sie die Wände des dritten Ventrikels, also namentlich die demselben zugekehrten innern Flächen der Sehhügel und die Höhle des Trichters sowie dessen ganze Umgebung, als Gangliengrau bildet sie ansehnliche Massen, welche in den Verlauf der unter dem Sehhügel hervorkommenden Fortsetzungen der Hirnschenkel eingesprengt sind, als Rindengrau endlich überzieht sie den ganzen Hemisphärenmantel. Durch

die Lagerung dieser grauen Substanzanhäufungen und ihr Verhältniss zu den Markfaserstrahlungen sind die Structurverhältnisse des Vorderhirns bedingt. Verhältnissmässig einfach gestalten sich diese, wo, wie bei den Fischen, die Hemisphären zu soliden Gebilden geworden sind, oder wo erst der Anfang einer Höhlenbildung in ihnen besteht, wie z. B. bei den Batrachiern (Fig. 13). In diesem Fall ist eine deutliche Scheidung zwischen Rinden- und Kernformation noch nicht eingetreten: die ganze Masse der Hemisphären besteht theils aus Nervenfasern theils aus fein granulirter Neuroglia, in welche Nervenzellen eingestreut sind; nur darin dass die Zellen gegen die Oberfläche reichlicher vorkommen liegt wohl die Andeutung einer Rindenbildung [1]. Bei den höheren Wirbelthieren dagegen, wo theils von den Seitenventrikeln theils von der Oberfläche aus eine stärkere Massenentwicklung der Hemisphären erfolgt, tritt zugleich eine schärfere histologische Sonderung ein, indem Ganglienkerne, Hemisphärenmark und graue Rinde sich deutlich gegen einander abheben. Die Ganglienkerne lagern sich hauptsächlich auf dem Boden der seitlichen Hirnkammern ab,

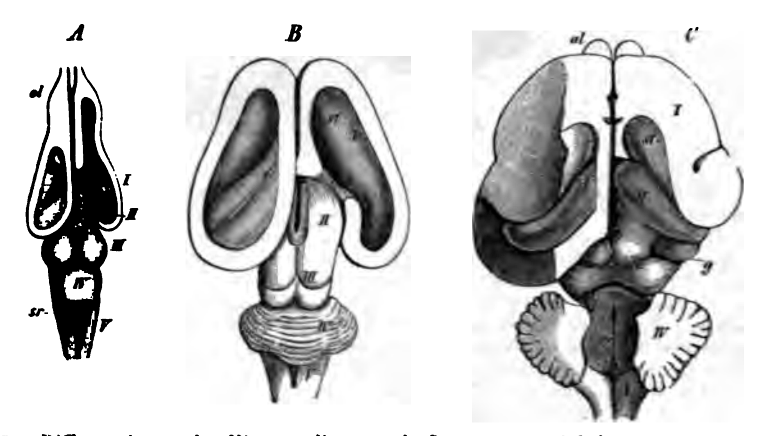


Fig. 25. Differenzirung der Hirnganglien, nach GEGENBAUR. *A* Gehirn einer Schildkröte, *B* eines Rinderfötus, *C* einer Katze. Links ist das Dach der seitlichen Hirnkammer abgetragen, rechts ausserdem das Gewölbe entfernt; in *C* ist zugleich auf der linken Seite der Uebergang des Gewölbes in das Ammonshorn blossgelegt. *I* Grosshirn. *II* Thalami optici. *III* Lobi optici oder Vierbügel. *IV* Cerebellum. *V* Verl. Mark. *ol* Riechkolben. *st* Streifenhügel. *f* Gewölbe. *H* (in *C*) Ammonshorn. *g* ebend. Kniehöcker. *sr* Rautengrube.

wo sie hügelähnliche Hervorragungen bilden, die Markfasern strahlen von diesen nach allen Richtungen gegen die Hemisphärenoberfläche aus, und auf der letzteren bildet die Rinde eine gleichmässige Decke.

Die tiefste Lage des Bodens der seitlichen Hirnkammern wird durch

[1] STIEDA, Zeitschr. f. wiss. Zoologie. Bd. 18, S. 46 u. 56. Derselbe, ebend. Bd. 20, S. 273 f. Siehe auch oben S. 55.

die Fortsetzungen der divergirend nach oben tretenden Hirnschenkel gebildet. Auf ihnen ruhen die Sehhügel auf, aus welchen sich den unter ihnen nach vorn und aussen tretenden Hirnschenkelbündeln weitere verstärkende Markmassen beimischen. Auch in diese Endausstrahlungen des Hirnschenkels am vordern und äussern Umfang des Sehhügels sind umfangreiche Ganglienkerne eingestreut, welche bewirken, dass der Boden des Seitenventrikels sich in Form eines ansehnlichen Hügels erhebt, der den Sehhügel vorn und aussen umfasst. Dieser Hügel ist der **Streifenhügel** (corpus striatum, *st* Fig. 25 und 26). Sein vor dem Sehhügel gelegenes kolbenförmiges Ende heisst der **Kopf**, der schmälere den äusseren Umfang des Sehhügels umgebende Theil der **Schweif**. Die Oberfläche dieses mit dem Sehhügel den ganzen Boden der Seitenkammer ausfüllenden Körpers wird in ziemlich dicker Lage von grauer Substanz bedeckt und unterscheidet sich dadurch von dem Sehhügel, der auf seiner ganzen in die Seitenkammern hineinragenden Oberfläche von einer weissen Markschichte überzogen ist. Die Grenze zwischen Seh- und Streifenhügel wird durch ein schmales Markband, den **Grenzstreif** (stria cornea) bezeichnet (*sc* Fig. 26). Die Ganglienkerne des Streifenhügels bilden bei den Säugethieren drei Anhäufungen von charakteristischer Form. Die

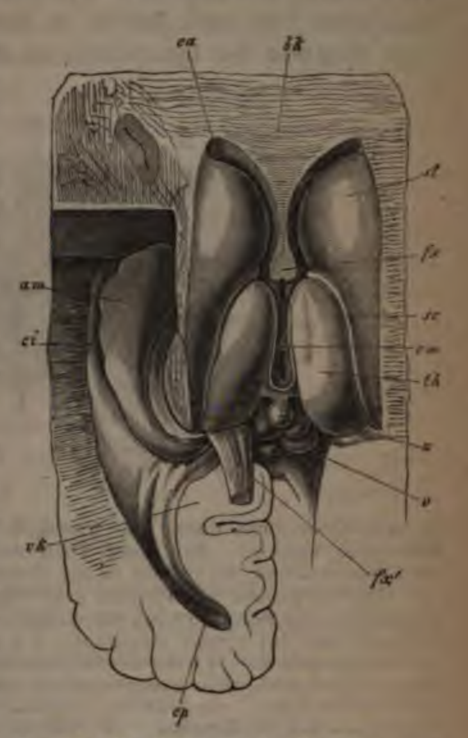


Fig. 26. Die Hirnhügel des Menschen, zum Theil nach ARNOLD. Links ist zugleich der untere und hintere Theil der seitlichen Hirnkammer mit dem Ammonshorn und der Vogelklaue freigelegt. *v* Vierhügel. *z* Zirbel. *th* Sehhügel. *cm* Mittlere Commissur. *sc* Hornstreif (stria cornea). *st* Streifenhügel. *fx* Vorderer Theil des Gewölbes, *bk* vorderer Theil des Balkens, beide durchschnitten. *fx'* Hinterer Theil des Gewölbes zurückgeschlagen. *ci* Unteres Horn des Seitenventrikels. *am* Ammonshorn. *cp* Hinteres Horn des Seitenventrikels. *vk* Vogelklaue.

eine hängt mit der grauen Bedeckung dieses Hügels unmittelbar zusammen und wird, weil sie der um die Peripherie des Sehhügels bogenförmig geschweiften Form desselben entspricht, als der **geschweifte Kern** (nucleus caudatus) bezeichnet (*st* Fig. 27); er bildet mit den unter ihm beginnenden Markmassen den Streifenhügel im engeren Sinne. Ein zweiter sehr

ansehnlicher Kern, der **L i n s e n k e r n** (nucleus lentiformis), liegt nach aussen vom vorigen (*lk*); sein verticaler Durchschnitt bildet ein Dreieck, dessen Spitze gegen den innern Rand des Streifenhügels gekehrt ist, während seine Basis weit nach aussen in das Hemisphärenmark hineinreicht; die graue Substanz des Linsenkerns ist durch zwischentretendes Mark in drei



Fig. 27. Querschnitt durch das Grosshirn des Menschen, Ansicht von hinten, zum Theil nach Reichert. Der obere Theil der Hemisphärendecke ist weggelassen. Auf der linken Seite ist der Schnitt in der Richtung α, auf der rechten in der Richtung β Fig. 24 geführt. Der Schnitt links geht also durch die mittlere Commissur und den Hirnanhang, der Schnitt rechts etwas weiter rückwärts durch den hinteren Theil des Sehhügels und das corpus candicans. *bk* Balken. *fx* Gewölbe. *ca* Vorderes Horn des Seitenventrikels. *st* Kern des Streifenhügels (geschweifter Kern). *th* Sehhügelkerne. (Man unterscheidet einen äusseren, einen inneren, den 3. Ventrikel begrenzenden, und einen oberen Kern.) *cm* Mittlere Commissur. *K* Klappdeckel. *J* Insellappen. *m* Ausstrahlungen des Stabkranzes. *lk* Linsenkern. (Auf der linken Seite sind die drei Glieder des Linsenkerns sichtbar.) *cl* Vormauer. Zwischen *cl* und dem Linsenkern liegt die äussere Kapsel des letzteren. *mk* Mandelkern. *ci* Unteres Hirn des Seitenventrikels. *am* Durchschnitt des Ammonshorns. *II* Sehnerv. *t* Trichter und Hirnanhang. *f* Fuss des Hirnschenkels. *sn* Schwarze Substanz. *hb* Haube mit dem rothen Kern. *fh* Schlitz im Unterhorn des Seitenventrikels, durch welchen ein Gefässfortsatz in dasselbe eintritt (fissura hippocampi).

Glieder, zwei äussere von bandförmiger, ein inneres von dreieckiger Form geschieden. Der dritte Streifenhügelkern findet sich nach aussen vom Linsenkern als ein schmaler ebenfalls bandförmiger Streifen, welcher das dritte Glied des Linsenkerns umfasst, er ist der **b a n d f ö r m i g e K e r n** (nucleus taeniaeformis) oder wegen seiner nahen Lage an der Hirnoberfläche die **V o r m a u e r** (claustrum) genannt (*cl*); nach abwärts von der Vormauer, nahe der Rinde der Hirnbasis, liegt endlich noch ein weiterer kleiner Kern, die **M a n d e l** (amygdala, *mk*)[1]. In diese Ganglienkerne der Hemisphären

[1] Von vielen Anatomen wird nur der geschweifte Kern als Streifenhügel bezeichnet, der Linsenkern also nicht zu demselben gerechnet. Vormauer und Mandel sind nach

treten die meisten der von unten herankommenden Hirnschenkelfasern ein, nur wenige scheinen unter dem Streifenhügel weiter zu ziehen, ohne dessen graue Massen zu berühren. Aus den genannten Ganglienkernen kommen dann neue Markbündel hervor, welche nun nach den verschiedensten Richtungen im ganzen Umfang des Streifenhügels gegen die Hirnrinde hin ausstrahlen. Diese letzte Abtheilung des grossen longitudinalen Faserverlaufs, welcher mit den Rückenmarkssträngen beginnt, dann in die Stränge des verlängerten Marks übergeht und hierauf zu den Bündeln der Hirnschenkel sich ordnet, ist der Stabkranz (corona radiata). Seine Anordnung wird wesentlich bedingt durch die oben geschilderten Verhältnisse, welche der Bildung der Seitenventrikel zu Grunde liegen. Indem die in die letzteren hereingetretenen Gefässfortsätze den Boden bedecken, müssen die als Fortsetzungen des Hirnschenkels weiterstrahlenden Markfasern des Stabkranzes die Gefässfortsätze an ihrer Peripherie bogenförmig umfassen, um zur Decke der Ventrikel zu gelangen. So gestaltet sich denn der Stabkranz wie eine reich gefüllte Blumenkrone, deren gewundene Blätter von ihrem am Ventrikelboden gelegenen Stiel aus nach allen Richtungen divergiren, wobei nur die Stelle wo der Stiel sitzt leer bleibt, durch die oben wieder gegen einander geneigten Blätter aber zu einem Hohlraum sich abschliesst.

Dem Vorderhirn gehören als eine letzte Abtheilung die beiden Riechkolben oder Riechwindungen an. Bei den meisten Fischen zu so ansehnlicher Grösse entwickelt, dass sie manchmal den Umfang des ganzen übrigen Vorderhirns übertreffen oder ihm nahekommen, treten sie in den höheren Abtheilungen der Wirbelthiere, namentlich bei den Vögeln, mehr zurück, um bei den niederern Säugethieren wieder in relativ bedeutender Grösse zu erscheinen. (Vgl. Fig. 11, 12, 20 und 25.) Sie bilden hier besondere Windungen, welche, von der Hirnbasis ausgehend, den Stirntheil des Vorderhirns mehr oder weniger nach vorn überragen. Das Innere der Riechwindungen enthält eine Höhle, die mit den seitlichen Hirnkammern communicirt. Bei einigen Säugethierordnungen, nämlich bei den Cetaceen und in geringerem Grade bei den Affen und dem Menschen, verkümmern diese Gehirntheile wieder, sie treten nun weit zurück unter das Stirnhirn, als kolbenförmige Gebilde, die an einem schmalen Stiel, dem Riechstreifen, am mittleren Theil der Gehirnbasis aufsitzen (Fig. 23). Die hier den Riechstreifen zum Ursprung dienende Fläche wird das Riechfeld oder wegen ihrer von dem Eindringen kleiner Gefässe herrührenden sieb-

---

der Form ihrer Zellen wahrscheinlich nicht als eigentliche Ganglienkerne sondern als Theile der Hirnrinde zu betrachten, von dieser durch eine zwischengeschobene Markschichte getrennt. Vgl. Cap. IV.

ähnlichen Beschaffenheit die vordere durchbrochene Platte (lamina perforata anterior genannt *sp* Fig. 18 und 23).

Mit der vollkommeneren Entwicklung des Vorderhirns erfahren die von demselben umschlossenen Höhlen, die beiden Seitenventrikel, theils in Folge des Wachsthums der sie bedeckenden Hemisphärenmasse theils durch das Auftreten besonderer Gebilde, die in die Höhle hineinragen, wesentliche Umgestaltungen. Während sich die innere, mediane Wand des Seitenventrikels dicht an den Hirnstamm anschmiegt [1], wächst die äussere, welche aus der Decke des Hemisphärenbläschens hervorgeht, viel rascher und wendet sich an der hinteren Umbeugungsstelle des Hemisphärenbogens nach unten um. So erhält denn der Seitenventrikel bei den Säugethieren zwei Ausbuchtungen oder Hörner (cornua ventriculi lateralis), ein vorderes mit gewölbter Aussenwand, und ein unteres, dessen Ende sich zu einer Spitze verjüngt. Bei der Umwachsung des Stammhirns durch die Hemisphärenblase hat, wie schon S. 57 bemerkt wurde, auch die ursprüngliche Communicationsöffnung dieser mit dem dritten Ventrikel, der Monro'sche Spalt, die ganze Wachsthumsbewegung der Hemisphäre mitgemacht: indem er sich um den Hirnstamm zuerst nach hinten und dann nach unten biegt, fällt sein ursprünglich oberes Ende mit der Spitze des unteren Horns zusammen. Der so auf die Vorderwand des unteren Horns fallende Theil der Spalte bildet einen Schlitz, der durch einen in das untere Horn eintretenden Gefässfortsatz der weichen Hirnhaut geschlossen ist (*fh* Fig. 27 [2]). So bleibt demnach der ursprüngliche Monro'sche Spalt an seinem Anfang und an seinem Ende offen, die Mitte aber wird durch Markfasern geschlossen, welche den sogleich näher zu betrachtenden Theilen des Gewölbes und des Balkens angehören.

Auch in der Gestaltung der Seitenventrikel bietet das Primatengehirn eine Eigenthümlichkeit dar, die mit der stärkeren Entwicklung des Occipitaltheils der Hemisphären zusammenhängt. Indem nämlich die Aussenwand des Seitenventrikels stark nach hinten wächst, verlängert sich der Ventrikel selbst in der nämlichen Richtung: es bildet sich so ausser dem oberen und unteren auch ein hinteres Horn (*cp* Fig. 28). Wie schon die äussere Form des Occipitalhirns erkennen lässt steht das nach hinten gerichtete Wachsthum mit einem plötzlichen Knick stille, um nach vorn und unten sich forzusetzen. Dies findet auch in der Form des Hinterhorns seinen

[1] Diese mediane Wand des Seitenventrikels wird von dem hinter der ursprünglichen Monro'schen Spaltöffnung gelegenen Theil der Wand des Hemisphärenbläschens gebildet (s. Fig. 17, S. 58). Aus der unmittelbar den Spalt hinten begrenzenden Marklamelle geht hierbei, wie F. Schmidt vermuthet, der auf dem Boden des Seitenventrikels zwischen dem Seh- und Streifenhügel gelegene Hornstreif hervor (*i* Fig. 17). (F. Schmidt, Zeitschr. f. wiss. Zool. Bd. 11, S. 58.)

[2] Dieser Schlitz ist die später noch zu erwähnende fissura hippocampi.

treten die meisten der von unten herankommenden Hirnschenkelfasern ein, nur wenige scheinen unter dem Streifenhügel weiter zu ziehen, ohne dessen graue Massen zu berühren. Aus den genannten Ganglienkernen kommen dann neue Markbündel hervor, welche nun nach den verschiedensten Richtungen im ganzen Umfang des Streifenhügels gegen die Hirnrinde hin ausstrahlen. Diese letzte Abtheilung des grossen longitudinalen Faserverlaufs, welcher mit den Rückenmarkssträngen beginnt, dann in die Stränge des verlängerten Marks übergeht und hierauf zu den Bündeln der Hirnschenkel sich ordnet, ist der Stabkranz (corona radiata). Seine Anordnung wird wesentlich bedingt durch die oben geschilderten Verhältnisse, welche der Bildung der Seitenventrikel zu Grunde liegen. Indem die in die letzteren hereingetretenen Gefässfortsätze den Boden bedecken, müssen die als Fortsetzungen des Hirnschenkels weiterstrahlenden Markfasern des Stabkranzes die Gefässfortsätze an ihrer Peripherie bogenförmig umfassen, um zur Decke der Ventrikel zu gelangen. So gestaltet sich denn der Stabkranz wie eine reich gefüllte Blumenkrone, deren gewundene Blätter von ihrem am Ventrikelboden gelegenen Stiel aus nach allen Richtungen divergiren, wobei nur die Stelle wo der Stiel sitzt leer bleibt, durch die oben wieder gegen einander geneigten Blätter aber zu einem Hohlraum sich abschliesst.

Dem Vorderhirn gehören als eine letzte Abtheilung die beiden Riechkolben oder Riechwindungen an. Bei den meisten Fischen zu so ansehnlicher Grösse entwickelt, dass sie manchmal den Umfang des ganzen übrigen Vorderhirns übertreffen oder ihm nahekommen, treten sie in den höheren Abtheilungen der Wirbelthiere, namentlich bei den Vögeln, mehr zurück, um bei den niederern Säugethieren wieder in relativ bedeutender Grösse zu erscheinen. (Vgl. Fig. 11, 12, 20 und 25.) Sie bilden hier besondere Windungen, welche, von der Hirnbasis ausgehend, den Stirntheil des Vorderhirns mehr oder weniger nach vorn überragen. Das Innere der Riechwindungen enthält eine Höhle, die mit den seitlichen Hirnkammern communicirt. Bei einigen Säugethierordnungen, nämlich bei den Cetaceen und in geringerem Grade bei den Affen und dem Menschen, verkümmern diese Gehirntheile wieder, sie treten nun weit zurück unter das Stirnhirn, als kolbenförmige Gebilde, die an einem schmalen Stiel, dem Riechstreifen, am mittleren Theil der Gehirnbasis aufsitzen (Fig. 23). Die hier den Riechstreifen zum Ursprung dienende Fläche wird das Riechfeld oder wegen ihrer von dem Eindringen kleiner Gefässe herrührenden sieb-

---

der Form ihrer Zellen wahrscheinlich nicht als eigentliche Ganglienkerne sondern als Theile der Hirnrinde zu betrachten, von dieser durch eine zwischengeschobene Markschichte getrennt. Vgl. Cap. IV.

ihres hinteren Endes zerstreuen sich beim Menschen und Affen in zwei Bündel, von denen das eine, schwächere an die Innenwand des hinteren Horns, das andere stärkere an die Innenwand des unteren Horns vom



Fig. 29. Medianschnitt des menschlichen Gehirns. *bk* Balken. *ca* Vordere Commissur. *cb* Weisse Bodencommissur. *sp* Durchsichtige Scheidewand. *mo* Monro'scher Spalt. *cc* Weisses Hügelchen. *rd* Absteigende, *ra* aufsteigende Wurzel des Gewölbes. *f* Gewölbe. Die weitere Erklärung s. Fig. 24, S. 69.

Seitenventrikel zu liegen kommt. Den so im Hinterhorn entstehenden Vorsprung bezeichnet man als die Vogelklaue (pes hippocampi minor), den im Unterhorn entstehenden als das Ammonshorn (pes hippocampi major, Fig. 30)[1]). Doch tragen zur Bildung dieser Erhabenheiten noch andere Theile bei, die wir sogleich werden kennen lernen. Bei den übrigen Säugethieren, bei welchen es nicht zur Entwicklung eines Hinterhorns kommt, und welchen daher natürlich auch eine Vogelklaue fehlt, geht die ganze Fasermasse des Gewölbes in das Ammonshorn über[2]).

Mit der Bildung des Gewölbes scheint die Entstehung eines andern

---

1) Vgl. auch Fig. 25, S. 70.

2) Ueber die Frage, ob die Affen gleich dem Menschen ein hinteres Horn des Seitenventrikels und einen pes hippocampi minor besitzen, ist ein ziemlich unfruchtbarer Streit zwischen Owen, der diese Theile im Affengehirn leugnete, und Huxley geführt worden. Vgl. Huxley, Zeugnisse für die Stellung des Menschen in der Natur, deutsch von Carus. Braunschweig 1863, S. 128 Schon die älteren Autoren über das Affengehirn, wie Tiedemann (icones cerebri p. 54), bilden das hintere Horn ab. Owen selbst beschreibt in seinem späteren Werk den Anfang eines solchen beim Delphin (anatomy of vertebrates vol. III, p. 120). Die Vogelklaue ist, wie Huxley gezeigt hat, bei den anthropoiden Affen ähnlich wie auch das Hinterhorn nur schwächer entwickelt als beim Menschen.

Fasersystems von dazu senkrechter, transversaler Richtung, welches in noch höherem Grade ausschliessliches Merkmal des Säugethierhirns ist, in naher Verbindung zu stehen. Bei den Monotromen und Beutelthieren nämlich kommen aus dem Ammonshorn Fasern hervor, welche die in dasselbe eintretenden Fasern des Gewölbes bedecken und über dem Zwischenhirn zur entgegengesetzten Hirnhälfte treten, um sich hier ebenfalls in das Ammonshorn einzusenken. Die so entstandene Quercommissur der beiden Ammonshörner ist die erste Anlage des **Balkens** (corpus callosum). Bei den implacentalen Säugethieren, bei denen in dieser Weise der Balken auf eine blosse Quercommissur zwischen den beiden Ammonshörnern beschränkt bleibt, ist die vordere Commissur, ebenso wie bei den Vögeln, sehr stark, zwischen ihr und dem Balken bleibt aber ein freier Raum [1]). Die weitere Entwicklung des Balkens geschieht nun dadurch, dass zu der Commissur der Ammonshörner andere transversale Faserzüge hinzutreten, welche in das ganze übrige Hemisphärenmark, sich grossentheils kreuzend mit den Stabkranzfasern, ausstrahlen. Zugleich nimmt die vordere Commissur an Stärke ab und tritt mit dem vordern Ende des Balkens, dem so genannten **Schnabel** (rostrum) desselben,



Fig. 30. Seitenventrikel und Hirnganglien des Menschen. *fx* Vorderer durchschnittener Theil des Gewölbes, *fx'* hinterer umgeschlagener Theil desselben. *cp* Hinteres Horn des Seitenventrikels. *vk* Vogelklaue. *ci* Unteres Horn. *am* Ammonshorn. Die weitere Erklärung s. Fig. 26, S. 71.

durch eine dünne, ebenfalls transversale Marklamelle in Verbindung (Fig. 29 *ca*). Durch diese Verbindung der vordern Commissur mit dem Balkenschnabel wird die Longitudinalspalte des grossen Gehirns nach vorn geschlossen. Zwischen dem breiten hinteren Ende des Balkens, dem

[1]) Ob während der Entwicklung der höheren Thiere der Durchbruch des Balkens ebenfalls mit der Ammonscommissur beginnt, bleibt dahingestellt. Die meisten Embryologen geben an, dass der ganze Balken gleichzeitig sich entwickle, nach Andern soll er sich allmälig von vorn nach hinten ausdehnen. Vgl. Schmidt, Zeitschr. f. wiss. Zoologie, Bd. 11, S. 57. Reichert, der Bau des menschl. Gehirns, Abth. II, S. 63, Abth. I, Taf. XI.

Wulst (splenium) desselben, und der oberen Fläche des Kleinhirns aber bleibt ein enger Zugang, durch welchen der dritte Ventrikel nach aussen mündet (dieser Zugang ist in Fig. 29 zwischen der Zirbeldrüse und dem Balkenwulst als dunkel gehaltene Partie sichtbar). Derselbe geht zu beiden Seiten in enge Spalten über, die in die Seitenventrikel führen: es ist dies der Rest jenes vorderen Deckenrisses, durch den die Gefässhautfortsätze in die drei vorderen Hirnkammern eintreten (S. 48).

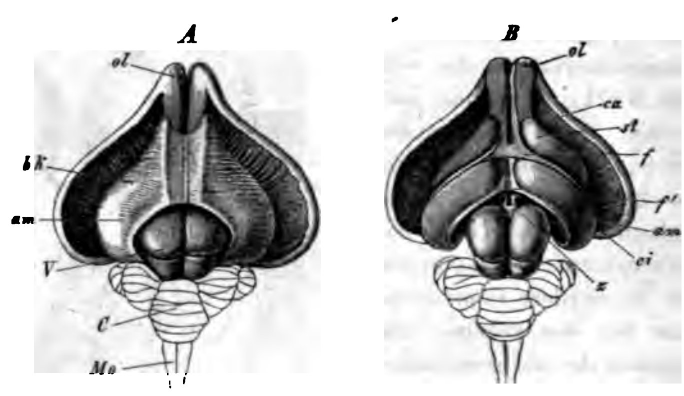


Fig. 31. Anatomie des Kaninchengehirns. In A ist die Hemisphärendecke zurückgeschlagen, so dass der Balken vollständig sichtbar wird. In B sind durch Entfernung des Balkens die seitlichen Hirnkammern geöffnet. *Mo* Verl. Mark. *C* Kleinhirn. *V* Vierhügel. *z* Zirbel. (In *B* ist zur Seite von *z* der Anfang der von den Ammonshörnern bedeckten Sehhügel sichtbar.) *am* Ammonshorn. *bk* Balken. (Nach vorn von der Linie *bk* liegt der in das Hemisphärenmark übergehende Theil des Balkens, dessen Faserkreuzung mit den Stabkranzbündeln sichtbar ist; hinter *bk* beginnt die Ammonscommissur.) *ol* Riechkolben. *ca* Vorderhorn des Seitenventrikels. *st* Streifenhügel. *f* Vorderer, *f'* hinterer Theil des Gewölbes. *ci* Unterhorn des Seitenventrikels.

Bei den meisten Säugethieren bildet die Ammonscommissur noch fortan einen verhältnissmässig grossen Theil des ganzen Balkens (*bk* Fig. 31 *A*). Da ferner bei ihnen das Occipitalhirn wenig entwickelt ist, so dass das hintere Horn des Seitenventrikels fehlt, und gleichzeitig die vorderen Hirnganglien, die Seh- und Streifenhügel, an Masse weit unbedeutender sind, so ist das Ammonshorn bis an den Ursprung des Gewölbes herangerückt. Das letztere fällt daher jederseits sogleich in zwei Abtheilungen aus einander, von denen die eine vorn, die andere hinten das Ammonshorn umfasst (*f* und *f'* Fig. 31 *B*)[1].

Zwischen dem Balken und den unter ihm hinziehenden Schenkeln des Gewölbes breiten zwei dünne, senkrechte Marklamellen sich aus, welche einen engen spaltförmigen Raum zwischen sich lassen: die durch-

[1]) In der menschlichen Anatomie wird derjenige Theil des Balkens, welcher die beiden Ammonshörner verbindet, als Psalterium bezeichnet.

Fasersystems von dazu senkrechter, transversaler Richtung, welches in noch höherem Grade ausschliessliches Merkmal des Säugethierhirns ist, in naher Verbindung zu stehen. Bei den Monotromen und Beutelthieren nämlich kommen aus dem Ammonshorn Fasern hervor, welche die in dasselbe eintretenden Fasern des Gewölbes bedecken und über dem Zwischenhirn zur entgegengesetzten Hirnhälfte treten, um sich hier ebenfalls in das Ammonshorn einzusenken. Die so entstandene Quercommissur der beiden Ammonshörner ist die erste Anlage des **Balkens** (corpus callosum). Bei den implacentalen Säugethieren, bei denen in dieser Weise der Balken auf eine blosse Quercommissur zwischen den beiden Ammonshörnern beschränkt bleibt, ist die vordere Commissur, ebenso wie bei den Vögeln, sehr stark, zwischen ihr und dem Balken bleibt aber ein freier Raum[1]). Die weitere Entwicklung des Balkens geschieht nun dadurch, dass zu der Commissur der Ammonshörner andere transversale Faserzüge hinzutreten, welche in das ganze übrige Hemisphärenmark, sich grossentheils kreuzend mit den Stabkranzfasern, ausstrahlen. Zugleich nimmt die vordere Commissur an Stärke ab und tritt mit dem vordern Ende des Balkens, dem so genannten **Schnabel** (rostrum) desselben, durch eine dünne, ebenfalls transversale Marklamelle in Verbindung (Fig. 29 *ca*). Durch diese Verbindung der vordern Commissur mit dem Balkenschnabel wird die Longitudinalspalte des grossen Gehirns nach vorn geschlossen. Zwischen dem breiten hinteren Ende des Balkens, dem

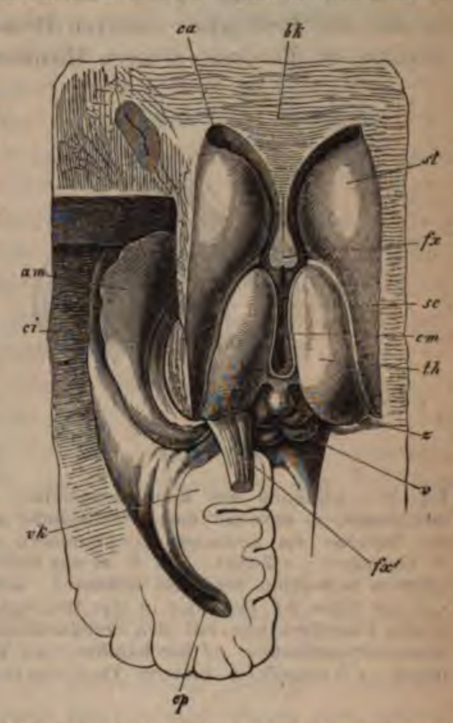


Fig. 30. Seitenventrikel und Hirnganglien des Menschen. *fx* Vorderer durchschnittener Theil des Gewölbes, *fx'* hinterer umgeschlagener Theil desselben. *cp* Hinteres Horn des Seitenventrikels. *vk* Vogelklaue. *ci* Unteres Horn. *am* Ammonshorn. Die weitere Erklärung s. Fig. 26, S. 71.

1) Ob während der Entwicklung der höheren Thiere der Durchbruch des Balkens ebenfalls mit der Ammonscommissur beginnt, bleibt dahingestellt. Die meisten Embryologen geben an, dass der ganze Balken gleichzeitig sich entwickle, nach Andern soll er sich allmälig von vorn nach hinten ausdehnen. Vgl. Schmidt, Zeitschr. f. wiss. Zoologie, Bd. 11, S. 57. Reichert, der Bau des menschl. Gehirns, Abth. II, S. 63, Abth. I, Taf. XI.

Wulst (splenium) desselben, und der oberen Fläche des Kleinhirns aber bleibt ein enger Zugang, durch welchen der dritte Ventrikel nach aussen mündet (dieser Zugang ist in Fig. 29 zwischen der Zirbeldrüse und dem Balkenwulst als dunkel gehaltene Partie sichtbar). Derselbe geht zu beiden Seiten in enge Spalten über, die in die Seitenventrikel führen: es ist dies der Rest jenes vorderen Deckenrisses, durch den die Gefässhautfortsätze in die drei vorderen Hirnkammern eintreten (S. 48).

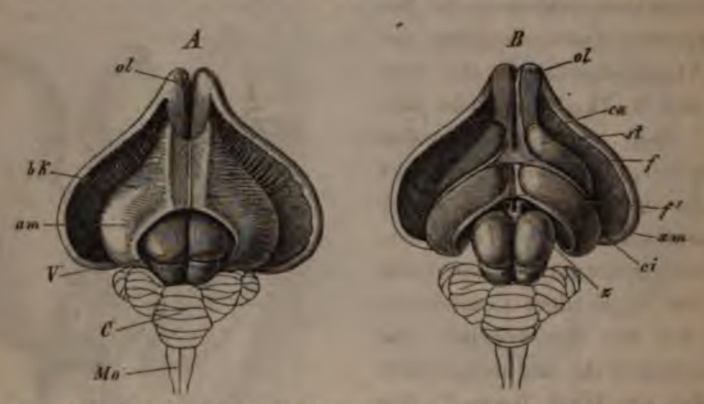


Fig. 31. Anatomie des Kaninchengehirns. In *A* ist die Hemisphärendecke zurückgeschlagen, so dass der Balken vollständig sichtbar wird. In *B* sind durch Entfernung des Balkens die seitlichen Hirnkammern geöffnet. *Mo* Verl. Mark. *C* Kleinhirn. *V* Vierhügel. *z* Zirbel. (In *B* ist zur Seite von *z* der Anfang der von den Ammonshörnern bedeckten Sehhügel sichtbar.) *am* Ammonshorn. *bk* Balken. (Nach vorn von der Linie *bk* liegt der in das Hemisphärenmark übergehende Theil des Balkens, dessen Faserkreuzung mit den Stabkranzbündeln sichtbar ist; hinter *bk* beginnt die Ammonscommissur.) *ol* Riechkolben. *ca* Vorderhorn des Seitenventrikels. *st* Streifenhügel. *f* Vorderer, *f'* hinterer Theil des Gewölbes. *ci* Unterhorn des Seitenventrikels.

Bei den meisten Säugethieren bildet die Ammonscommissur noch fortan einen verhältnissmässig grossen Theil des ganzen Balkens (*bk* Fig. 31 *A*). Da ferner bei ihnen das Occipitalhirn wenig entwickelt ist, so dass das hintere Horn des Seitenventrikels fehlt, und gleichzeitig die vorderen Hirnganglien, die Seh- und Streifenhügel, an Masse weit unbedeutender sind, so ist das Ammonshorn bis an den Ursprung des Gewölbes herangerückt. Das letztere fällt daher jederseits sogleich in zwei Abtheilungen aus einander, von denen die eine vorn, die andere hinten das Ammonshorn umfasst (*f* und *f'* Fig. 31 *B*)[1].

Zwischen dem Balken und den unter ihm hinziehenden Schenkeln des Gewölbes breiten zwei dünne, senkrechte Marklamellen sich aus, welche einen engen spaltförmigen Raum zwischen sich lassen: die durch-

[1]) In der menschlichen Anatomie wird derjenige Theil des Balkens, welcher die beiden Ammonshörner verbindet, als Psalterium bezeichnet.

sichtige Scheidewand (septum lucidum, *sp* Fig. 29). Diese bewirkt samt dem Gewölbe den Verschluss der seitlichen Hirnkammern nach innen, nur der Anfang des MONRO'schen Spaltes bleibt hinter dem vordern Anfang der Gewölbsschenkel als die gewöhnlich sogenannte MONRO'sche Oeffnung bestehen (*m o* Fig. 29). Zwischen den beiden Seitenhälften der durchsichtigen Scheidewand bleibt ferner ein spaltförmiger, nach unten mit dem 3ten Ventrikel communicirender Hohlraum, der ventriculus septi lucidi. Die Ausstrahlungen des Balkens bilden die Decke und einen Theil der äusseren Wand der seitlichen Hirnkammern; sie umgeben die Aussenfläche des Linsenkerns, als äussere Kapsel desselben, und sie kreuzen sich in ihrem Verlauf nach der Hirnrinde, in der sie endigen, überall mit den Fasern des Stabkranzes, ausgenommen in ihrer hintern Abtheilung, welche den Ammonshörnern und ihrer Umgebung zugehört, Theilen, in die keine Stabkranzfasern eindringen, und in denen daher auch keine Kreuzung mit denselben stattfinden kann. Diese hintere Abtheilung des Balkens bleibt bei den niederen Säugethieren als reine Commissur der Ammonshörner bestehen (Fig. 31 A), bei den Primaten aber scheidet sie sich wieder in zwei Theile, in einen inneren, der in das Ammonshorn und die Vogelklaue (*a m* und *v k* Fig. 30) übergeht, und in einen äusseren, der sich vor den zur Rinde des Occipitalhirns tretenden Stabkranzfasern nach unten umschlägt (*m'* Fig. 32), um die Aussenwand des hintern Horns vom Seitenventrikel zu bilden: man bezeichnet ihn hier als Balkentapete (*t p* Fig. 28).

Die nämliche Faserrichtung, welche das Gewölbe, der aus der vordern Grenzlamelle des MONRO'schen Spaltes hervorgegangene Faserzug, einschlägt, theilt sich bei der Umwachsung des Stammhirns durch den Hemisphärenbogen auch dem unmittelbar vor jener Grenzlamelle gelegenen Theil der Hemisphärenwand mit. Aber während das Gewölbe wegen der anfänglichen Verwachsung nicht von grauer Rinde überzogen ist, bleibt jener ursprünglich nicht verwachsene Theil vor ihr, der nachher in Folge der Hemisphärenwölbung über das Gewölbe zu liegen kommt, an seiner medianen Seite von Rinde bedeckt. Nachdem der Durchbruch des Balkens erfolgt ist, wird er durch diesen vom Gewölbe getrennt und bildet nun einen den Balken bedeckenden longitudinalen Faserzug, der bei fast allen Säugethieren durch eine dem Balken parallele Furche von den weiter nach der Peripherie gelegenen Theilen der Hemisphäre geschieden ist. Man bezeichnet diesen longitudinalen Faserzug als die Bogenwindung oder Zwinge (gyrus fornicatus, cingulum *G f* Fig. 29). Bei solchen Säugethieren, bei denen diese Windung sehr stark und der Stirntheil des Vorderhirns relativ wenig entwickelt ist, kommt der Anfang der Bogenwindung vorn unmittelbar hinter der Basis der Riechstreifen zu Tage. Seine Fasern stehen hier theils mit der Rinde des vordersten an den Riechstreifen grenzenden Theils der Hirnbasis theils,

ansehnlicher Kern, der **Linsenkern** (nucleus lentiformis), liegt nach aussen vom vorigen (*lk*); sein verticaler Durchschnitt bildet ein Dreieck, dessen Spitze gegen den innern Rand des Streifenhügels gekehrt ist, während seine Basis weit nach aussen in das Hemisphärenmark hineinreicht; die graue Substanz des Linsenkerns ist durch zwischentretendes Mark in drei



Fig. 27. Querschnitt durch das Grosshirn des Menschen, Ansicht von hinten, zum Theil nach Reichert. Der obere Theil der Hemisphärendecke ist weggelassen. Auf der linken Seite ist der Schnitt in der Richtung α, auf der rechten in der Richtung β Fig. 24 geführt. Der Schnitt links geht also durch die mittlere Commissur und den Hirnanhang, der Schnitt rechts etwas weiter rückwärts durch den hinteren Theil des Sehhügels und das corpus candicans. *bk* Balken. *fx* Gewölbe. *ca* Vorderes Horn des Seitenventrikels. *st* Kern des Streifenhügels (geschweifter Kern). *th* Sehhügelkerne. (Man unterscheidet einen äusseren, einen inneren, den 3. Ventrikel begrenzenden, und einen oberen Kern.) *cm* Mittlere Commissur. *K* Klappdeckel. *J* Insellappen. *m* Ausstrahlungen des Stabkranzes. *lk* Linsenkern. (Auf der linken Seite sind die drei Glieder des Linsenkerns sichtbar.) *cl* Vormauer. Zwischen *cl* und dem Linsenkern liegt die äussere Kapsel des letzteren. *mk* Mandelkern. *ci* Unteres Hirn des Seitenventrikels. *am* Durchschnitt des Ammonshorns. *II* Sehnerv. *t* Trichter und Hirnanhang. *f* Fuss des Hirnschenkels. *sn* Schwarze Substanz. *hb* Haube mit dem rothen Kern. *fh* Schlitz im Unterhorn des Seitenventrikels, durch welchen ein Gefässfortsatz in dasselbe eintritt (fissura hippocampi).

Glieder, zwei äussere von bandförmiger, ein inneres von dreieckiger Form geschieden. Der dritte Streifenhügelkern findet sich nach aussen vom Linsenkern als ein schmaler ebenfalls bandförmiger Streifen, welcher das dritte Glied des Linsenkerns umfasst, er ist der **bandförmige Kern** (nucleus taeniaeformis) oder wegen seiner nahen Lage an der Hirnoberfläche die **Vormauer** (claustrum) genannt (*cl*); nach abwärts von der Vormauer, nahe der Rinde der Hirnbasis, liegt endlich noch ein weiterer kleiner Kern, die **Mandel** (amygdala, *mk*)[1]. In diese Ganglienkerne der Hemisphären

[1] Von vielen Anatomen wird nur der geschweifte Kern als Streifenhügel bezeichnet, der Linsenkern also nicht zu demselben gerechnet. Vormauer und Mandel sind nach

treten die meisten der von unten herankommenden Hirnschenkelfasern ein, nur wenige scheinen unter dem Streifenhügel weiter zu ziehen, ohne dessen graue Massen zu berühren. Aus den genannten Ganglienkernen kommen dann neue Markbündel hervor, welche nun nach den verschiedensten Richtungen im ganzen Umfang des Streifenhügels gegen die Hirnrinde hin ausstrahlen. Diese letzte Abtheilung des grossen longitudinalen Faserverlaufs, welcher mit den Rückenmarkssträngen beginnt, dann in die Stränge des verlängerten Marks übergeht und hierauf zu den Bündeln der Hirnschenkel sich ordnet, ist der Stabkranz (corona radiata). Seine Anordnung wird wesentlich bedingt durch die oben geschilderten Verhältnisse, welche der Bildung der Seitenventrikel zu Grunde liegen. Indem die in die letzteren hereingetretenen Gefässfortsätze den Boden bedecken, müssen die als Fortsetzungen des Hirnschenkels weiterstrahlenden Markfasern des Stabkranzes die Gefässfortsätze an ihrer Peripherie bogenförmig umfassen, um zur Decke der Ventrikel zu gelangen. So gestaltet sich denn der Stabkranz wie eine reich gefüllte Blumenkrone, deren gewundene Blätter von ihrem am Ventrikelboden gelegenen Stiel aus nach allen Richtungen divergiren, wobei nur die Stelle wo der Stiel sitzt leer bleibt, durch die oben wieder gegen einander geneigten Blätter aber zu einem Hohlraum sich abschliesst.

Dem Vorderhirn gehören als eine letzte Abtheilung die beiden Riechkolben oder Riechwindungen an. Bei den meisten Fischen zu so ansehnlicher Grösse entwickelt, dass sie manchmal den Umfang des ganzen übrigen Vorderhirns übertreffen oder ihm nahekommen, treten sie in den höheren Abtheilungen der Wirbelthiere, namentlich bei den Vögeln, mehr zurück, um bei den niederern Säugethieren wieder in relativ bedeutender Grösse zu erscheinen. (Vgl. Fig. 11, 12, 20 und 25.) Sie bilden hier besondere Windungen, welche, von der Hirnbasis ausgehend, den Stirntheil des Vorderhirns mehr oder weniger nach vorn überragen. Das Innere der Riechwindungen enthält eine Höhle, die mit den seitlichen Hirnkammern communicirt. Bei einigen Säugethierordnungen, nämlich bei den Cetaceen und in geringerem Grade bei den Affen und dem Menschen, verkümmern diese Gehirntheile wieder, sie treten nun weit zurück unter das Stirnhirn, als kolbenförmige Gebilde, die an einem schmalen Stiel, dem Riechstreifen, am mittleren Theil der Gehirnbasis aufsitzen (Fig. 23). Die hier den Riechstreifen zum Ursprung dienende Fläche wird das Riechfeld oder wegen ihrer von dem Eindringen kleiner Gefässe herrührenden sieb-

der Form ihrer Zellen wahrscheinlich nicht als eigentliche Ganglienkerne sondern als Theile der Hirnrinde zu betrachten, von dieser durch eine zwischengeschobene Markschichte getrennt. Vgl. Cap. IV.

ähnlichen Beschaffenheit die vordere durchbrochene Platte (lamina perforata anterior) genannt (*sp* Fig. 18 und 23).

Mit der vollkommeneren Entwicklung des Vorderhirns erfahren die von demselben umschlossenen Höhlen, die beiden Seitenventrikel, theils in Folge des Wachsthums der sie bedeckenden Hemisphärenmasse theils durch das Auftreten besonderer Gebilde, die in die Höhle hineinragen, wesentliche Umgestaltungen. Während sich die innere, mediane Wand des Seitenventrikels dicht an den Hirnstamm anschmiegt [1]), wächst die äussere, welche aus der Decke des Hemisphärenbläschens hervorgeht, viel rascher und wendet sich an der hinteren Umbeugungsstelle des Hemisphärenbogens nach unten um. So erhält denn der Seitenventrikel bei den Säugethieren zwei Ausbuchtungen oder Hörner (cornua ventriculi lateralis), ein vorderes mit gewölbter Aussenwand, und ein unteres, dessen Ende sich zu einer Spitze verjüngt. Bei der Umwachsung des Stammhirns durch die Hemisphärenblase hat, wie schon S. 57 bemerkt wurde, auch die ursprüngliche Communicationsöffnung dieser mit dem dritten Ventrikel, der Monro'sche Spalt, die ganze Wachsthumsbewegung der Hemisphäre mitgemacht: indem er sich um den Hirnstamm zuerst nach hinten und dann nach unten biegt, fällt sein ursprünglich oberes Ende mit der Spitze des unteren Horns zusammen. Der so auf die Vorderwand des unteren Horns fallende Theil der Spalte bildet einen Schlitz, der durch einen in das untere Horn eintretenden Gefässfortsatz der weichen Hirnhaut geschlossen ist (*fh* Fig. 27) [2]). So bleibt demnach der ursprüngliche Monro'sche Spalt an seinem Anfang und an seinem Ende offen, die Mitte aber wird durch Markfasern geschlossen, welche den sogleich näher zu betrachtenden Theilen des Gewölbes und des Balkens angehören.

Auch in der Gestaltung der Seitenventrikel bietet das Primatengehirn eine Eigenthümlichkeit dar, die mit der stärkeren Entwicklung des Occipitaltheils der Hemisphären zusammenhängt. Indem nämlich die Aussenwand des Seitenventrikels stark nach hinten wächst, verlängert sich der Ventrikel selbst in der nämlichen Richtung: es bildet sich so ausser dem oberen und unteren auch ein hinteres Horn (*cp* Fig. 28). Wie schon die äussere Form des Occipitalhirns erkennen lässt steht das nach hinten gerichtete Wachsthum mit einem plötzlichen Knick stille, um nach vorn und unten sich forzusetzen. Dies findet auch in der Form des Hinterhorns seinen

---

[1]) Diese mediane Wand des Seitenventrikels wird von dem hinter der ursprünglichen Monro'schen Spaltöffnung gelegenen Theil der Wand des Hemisphärenbläschens gebildet (s. Fig. 17, S. 58). Aus der unmittelbar den Spalt hinten begrenzenden Marklamelle geht hierbei, wie F. Schmidt vermuthet, der auf dem Boden des Seitenventrikels zwischen dem Seh- und Streifenhügel gelegene Hornstreif hervor (*i* Fig. 17). (F. Schmidt, Zeitschr. f. wiss. Zool. Bd. 11, S. 58.)

[2]) Dieser Schlitz ist die später noch zu erwähnende fissura hippocampi.

Ueberzug des Ammonshorns mit einem freien umgeschlagenen Saume, der **Fimbria** (*fi*)[1].

Während das Gehirn im Laufe seiner Entwicklung allmälig in die Theile sich gliedert, die wir nun kennen gelernt haben, erfährt seine äussere Form Umwandlungen, die zu immer complicirteren Bildungen führen, und deren schliessliches Resultat theils von der Stufe der Entwicklung, die das betreffende Gehirn überhaupt erreicht, theils von dem relativen Wachsthum der einzelnen Theile, die dasselbe zusammensetzen, abhängt. Bei den niedersten Wirbelthieren entfernt es sich wenig von jener einfachsten embryonalen Form, die mit der Scheidung des primitiven Hirnbläschens in seine fünf Abtheilungen gegeben ist. Fast alle Formverschiedenheiten beruhen hier auf der relativen Grösse dieser Abtheilungen; ausserdem ist nur noch die Entwicklung der aus dem Vorderhirn hervorgewachsenen Riechkolben von formbestimmendem Einflusse. Eine grössere Mannigfaltigkeit der Gestaltung ergiebt sich bereits, sobald die Mantelgebilde den Hirnstamm zu umwachsen beginnen. Die Bedeckung der lobi optici und des Kleinhirns durch die Grosshirnhemisphären, des verlängerten Marks durch das Kleinhirn, der Grad der Kopfkrümmung bringen nun eine neue Reihe von Formeigenthümlichkeiten hervor, denen sich als weitere die äussere Gestalt der Hemisphären, die Entwicklung oder der Mangel der Seitentheile des Kleinhirns, das hiermit zusammenhängende Hervortreten gewisser Kerngebilde wie der Oliven an der medulla oblongata, sowie die Entwicklung einer Varolsbrücke hinzugesellen. An allen Säugethierhirnen ist die Stelle, wo die Grosshirnhemisphäre ursprünglich dem Hirnstamm aufsitzt, durch die Sylvische Grube bezeichnet (S. 56 Fig. 16). Indem sich die Ränder dieser Grube entgegenwachsen, geht dieselbe bei allen höheren Säugethieren in eine tiefe Spalte, die **Sylvische Spalte** (fissura Sylvii), über. Dieselbe geht im allgemeinen schräg von hinten und oben nach vorn und unten; ihre Richtung weicht um so mehr von der verticalen ab, je stärker sich das Occipitalhirn entwickelt und die nach hinten gelegenen Theile überwächst. (Fig. 35). Eine eigenthümliche Gestaltung erfährt diese Spalte endlich bei

[1] Vergleicht man hiernach das Ammonshorn mit der zweiten Hervorragung des Seitenventrikels, auf welcher die Fasern des Gewölbes sich ausbreiten, mit der Vogelklaue im hintern Horn (S. 76), so stimmen beide Bildungen darin überein, dass sie von Faltungen der Hirnoberfläche herrühren, welche aussen als Furchen, innen als Erhöhungen erscheinen, und dass der Marküberzug dieser Erhöhungen von Fasern des Gewölbes und Balkens gebildet wird. Aber während die Vogelklaue hierauf beschränkt bleibt und daher nur aus zwei Schichten, einer innern weissen und äussern grauen, besteht, wird beim Ammonshorn die durch die Faltung der Hirnoberfläche gebildete Vertiefung von der Fortsetzung des bedeckten Bandes und der gezähnten Binde ausgefüllt, so dass hier vier Schichten, zwei weisse und zwei graue, entstehen.

ihres hinteren Endes zerstreuen sich beim Menschen und Affen in zwei Bündel, von denen das eine, schwächere an die Innenwand des hinteren Horns, das andere stärkere an die Innenwand des unteren Horns vom



Fig. 29. Medianschnitt des menschlichen Gehirns. *bk* Balken. *ca* Vordere Commissur. *cb* Weisse Bodencommissur. *sp* Durchsichtige Scheidewand. *mo* Monro'scher Spalt. *cc* Weisses Hügelchen. *rd* Absteigende, *ra* aufsteigende Wurzel des Gewölbes. *f* Gewölbe. Die weitere Erklärung s. Fig. 24, S. 69.

Seitenventrikel zu liegen kommt. Den so im Hinterhorn entstehenden Vorsprung bezeichnet man als die Vogelklaue (pes hippocampi minor), den im Unterhorn entstehenden als das Ammonshorn (pes hippocampi major, Fig. 30)[1]. Doch tragen zur Bildung dieser Erhabenheiten noch andere Theile bei, die wir sogleich werden kennen lernen. Bei den übrigen Säugethieren, bei welchen es nicht zur Entwicklung eines Hinterhorns kommt, und welchen daher natürlich auch eine Vogelklaue fehlt, geht die ganze Fasermasse des Gewölbes in das Ammonshorn über[2].

Mit der Bildung des Gewölbes scheint die Entstehung eines andern

---

1) Vgl. auch Fig. 25, S. 70.

2) Ueber die Frage, ob die Affen gleich dem Menschen ein hinteres Horn des Seitenventrikels und einen pes hippocampi minor besitzen, ist ein ziemlich unfruchtbarer Streit zwischen Owen, der diese Theile im Affengehirn leugnete, und Huxley geführt worden. Vgl. Huxley, Zeugnisse für die Stellung des Menschen in der Natur, deutsch von Carus. Braunschweig 1863, S. 128 Schon die älteren Autoren über das Affengehirn, wie Tiedemann (icones cerebri p. 54), bilden das hintere Horn ab. Owen selbst beschreibt in seinem späteren Werk den Anfang eines solchen beim Delphin (anatomy of vertebrates vol. III, p. 120). Die Vogelklaue ist, wie Huxley gezeigt hat, bei den anthropoiden Affen ähnlich wie auch das Hinterhorn nur schwächer entwickelt als beim Menschen.

Fasersystems von dazu senkrechter, transversaler Richtung, welches in noch höherem Grade ausschliessliches Merkmal des Säugethierhirns ist, in naher Verbindung zu stehen. Bei den Monotromen und Beutelthieren nämlich kommen aus dem Ammonshorn Fasern hervor, welche die in dasselbe eintretenden Fasern des Gewölbes bedecken und über dem Zwischenhirn zur entgegengesetzten Hirnhälfte treten, um sich hier ebenfalls in das Ammonshorn einzusenken. Die so entstandene Quercommissur der beiden Ammonshörner ist die erste Anlage des **Balkens** (corpus callosum). Bei den implacentalen Säugethieren, bei denen in dieser Weise der Balken auf eine blosse Quercommissur zwischen den beiden Ammonshörnern beschränkt bleibt, ist die vordere Commissur, ebenso wie bei den Vögeln, sehr stark, zwischen ihr und dem Balken bleibt aber ein freier Raum [1]). Die weitere Entwicklung des Balkens geschieht nun dadurch, dass zu der Commissur der Ammonshörner andere transversale Faserzüge hinzutreten, welche in das ganze übrige Hemisphärenmark, sich grossentheils kreuzend mit den Stabkranzfasern, ausstrahlen. Zugleich nimmt die vordere Commissur an Stärke ab und tritt mit dem vordern Ende des Balkens, dem so genannten **Schnabel** (rostrum) desselben, durch eine dünne, ebenfalls transversale Marklamelle in Verbindung (Fig. 29 *ca*). Durch diese Verbindung der vordern Commissur mit dem Balkenschnabel wird die Longitudinalspalte des grossen Gehirns nach vorn geschlossen. Zwischen dem breiten hinteren Ende des Balkens, dem

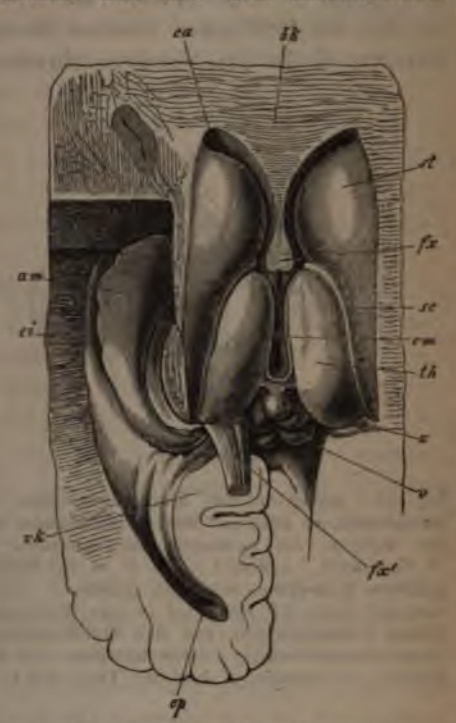


Fig. 30. Seitenventrikel und Hirnganglien des Menschen. *fx* Vorderer durchschnittener Theil des Gewölbes, *fx'* hinterer umgeschlagener Theil desselben. *cp* Hinteres Horn des Seitenventrikels. *vk* Vogelklaue. *ci* Unteres Horn. *am* Ammonshorn. Die weitere Erklärung s. Fig. 26, S. 71.

[1]) Ob während der Entwicklung der höheren Thiere der Durchbruch des Balkens ebenfalls mit der Ammonscommissur beginnt, bleibt dahingestellt. Die meisten Embryologen geben an, dass der ganze Balken gleichzeitig sich entwickle, nach Andern soll er sich allmälig von vorn nach hinten ausdehnen. Vgl. Schmidt, Zeitschr. f. wiss. Zoologie, Bd. 11, S. 57. Reichert, der Bau des menschl. Gehirns, Abth. II, S. 63, Abth. I, Taf. XI.

ihres hinteren Endes zerstreuen sich beim Menschen und Affen in zwei Bündel, von denen das eine, schwächere an die Innenwand des hinteren Horns, das andere stärkere an die Innenwand des unteren Horns vom



Fig. 29. Medianschnitt des menschlichen Gehirns. *bk* Balken. *ca* Vordere Commissur. *cb* Weisse Bodencommissur. *sp* Durchsichtige Scheidewand. *mo* MONRO'scher Spalt. *cc* Weisses Hügelchen. *rd* Absteigende, *ra* aufsteigende Wurzel des Gewölbes. *f* Gewölbe. Die weitere Erklärung s. Fig. 24, S. 69.

Seitenventrikel zu liegen kommt. Den so im Hinterhorn entstehenden Vorsprung bezeichnet man als die Vogelklaue (pes hippocampi minor), den im Unterhorn entstehenden als das Ammonshorn (pes hippocampi major, Fig. 30)[1]. Doch tragen zur Bildung dieser Erhabenheiten noch andere Theile bei, die wir sogleich werden kennen lernen. Bei den übrigen Säugethieren, bei welchen es nicht zur Entwicklung eines Hinterhorns kommt, und welchen daher natürlich auch eine Vogelklaue fehlt, geht die ganze Fasermasse des Gewölbes in das Ammonshorn über[2].

Mit der Bildung des Gewölbes scheint die Entstehung eines andern

---

[1] Vgl. auch Fig. 25, S. 70.

[2] Ueber die Frage, ob die Affen gleich dem Menschen ein hinteres Horn des Seitenventrikels und einen pes hippocampi minor besitzen, ist ein ziemlich unfruchtbarer Streit zwischen OWEN, der diese Theile im Affengehirn leugnete, und HUXLEY geführt worden. Vgl. HUXLEY, Zeugnisse für die Stellung des Menschen in der Natur, deutsch von CARUS. Braunschweig 1863, S. 128 Schon die älteren Autoren über das Affengehirn, wie TIEDEMANN (icones cerebri p. 54), bilden das hintere Horn ab. OWEN selbst beschreibt in seinem späteren Werk den Anfang eines solchen beim Delphin (anatomy of vertebrates vol. III, p. 120). Die Vogelklaue ist, wie HUXLEY gezeigt hat, bei den anthropoiden Affen ähnlich wie auch das Hinterhorn nur schwächer entwickelt als beim Menschen.

Fasersystems von dazu senkrechter, transversaler Richtung, welches in noch höherem Grade ausschliessliches Merkmal des Säugethierhirns ist, in naher Verbindung zu stehen. Bei den Monotremen und Beutelthieren nämlich kommen aus dem Ammonshorn Fasern hervor, welche die in dasselbe eintretenden Fasern des Gewölbes bedecken und über dem Zwischenhirn zur entgegengesetzten Hirnhälfte treten, um sich hier ebenfalls in das Ammonshorn einzusenken. Die so entstandene Quercommissur der beiden Ammonshörner ist die erste Anlage des **Balkens** (corpus callosum). Bei den implacentalen Säugethieren, bei denen in dieser Weise der Balken auf eine blosse Quercommissur zwischen den beiden Ammonshörnern beschränkt bleibt, ist die vordere Commissur, ebenso wie bei den Vögeln, sehr stark, zwischen ihr und dem Balken bleibt aber ein freier Raum [1]. Die weitere Entwicklung des Balkens geschieht nun dadurch, dass zu der Commissur der Ammonshörner andere transversale Faserzüge hinzutreten, welche in das ganze übrige Hemisphärenmark, sich grossentheils kreuzend mit den Stabkranzfasern, ausstrahlen. Zugleich nimmt die vordere Commissur an Stärke ab und tritt mit dem vordern Ende des Balkens, dem so genannten **Schnabel** (rostrum) desselben, durch eine dünne, ebenfalls transversale Marklamelle in Verbindung (Fig. 29 *ca*). Durch diese Verbindung der vordern Commissur mit dem Balkenschnabel wird die Longitudinalspalte des grossen Gehirns nach vorn geschlossen. Zwischen dem breiten hinteren Ende des Balkens, dem



Fig. 30. Seitenventrikel und Hirnganglien des Menschen. *fx* Vorderer durchschnittener Theil des Gewölbes, *fx'* hinterer umgeschlagener Theil desselben. *cp* Hinteres Horn des Seitenventrikels. *vk* Vogelklaue. *ci* Unteres Horn. *am* Ammonshorn. Die weitere Erklärung s. Fig. 26, S. 71.

[1] Ob während der Entwicklung der höheren Thiere der Durchbruch des Balkens ebenfalls mit der Ammonscommissur beginnt, bleibt dahingestellt. Die meisten Embryologen geben an, dass der ganze Balken gleichzeitig sich entwickle, nach Andern soll er sich allmälig von vorn nach hinten ausdehnen. Vgl. SCHMIDT, Zeitschr. f. wiss. Zoologie, Bd. 11, S. 57. REICHERT, der Bau des menschl. Gehirns, Abth. II, S. 63, Abth. I, Taf. XI.

ähnlichen Beschaffenheit die vordere durchbrochene Platte (lamina perforata anterior) genannt (*sp* Fig. 18 und 23).

Mit der vollkommeneren Entwicklung des Vorderhirns erfahren die von demselben umschlossenen Höhlen, die beiden Seitenventrikel, theils in Folge des Wachsthums der sie bedeckenden Hemisphärenmasse theils durch das Auftreten besonderer Gebilde, die in die Höhle hineinragen, wesentliche Umgestaltungen. Während sich die innere, mediane Wand des Seitenventrikels dicht an den Hirnstamm anschmiegt[1]), wächst die äussere, welche aus der Decke des Hemisphärenbläschens hervorgeht, viel rascher und wendet sich an der hinteren Umbeugungsstelle des Hemisphärenbogens nach unten um. So erhält denn der Seitenventrikel bei den Säugethieren zwei Ausbuchtungen oder Hörner (cornua ventriculi lateralis), ein vorderes mit gewölbter Aussenwand, und ein unteres, dessen Ende sich zu einer Spitze verjüngt. Bei der Umwachsung des Stammhirns durch die Hemisphärenblase hat, wie schon S. 57 bemerkt wurde, auch die ursprüngliche Communicationsöffnung dieser mit dem dritten Ventrikel, der Monro'sche Spalt, die ganze Wachsthumsbewegung der Hemisphäre mitgemacht: indem er sich um den Hirnstamm zuerst nach hinten und dann nach unten biegt, fällt sein ursprünglich oberes Ende mit der Spitze des unteren Horns zusammen. Der so auf die Vorderwand des unteren Horns fallende Theil der Spalte bildet einen Schlitz, der durch einen in das untere Horn eintretenden Gefässfortsatz der weichen Hirnhaut geschlossen ist (*fh* Fig. 27)[2]). So bleibt demnach der ursprüngliche Monro'sche Spalt an seinem Anfang und an seinem Ende offen, die Mitte aber wird durch Markfasern geschlossen, welche den sogleich näher zu betrachtenden Theilen des Gewölbes und des Balkens angehören.

Auch in der Gestaltung der Seitenventrikel bietet das Primatengehirn eine Eigenthümlichkeit dar, die mit der stärkeren Entwicklung des Occipitaltheils der Hemisphären zusammenhängt. Indem nämlich die Aussenwand des Seitenventrikels stark nach hinten wächst, verlängert sich der Ventrikel selbst in der nämlichen Richtung: es bildet sich so ausser dem oberen und unteren auch ein hinteres Horn (*cp* Fig. 28). Wie schon die äussere Form des Occipitalhirns erkennen lässt steht das nach hinten gerichtete Wachsthum mit einem plötzlichen Knick stille, um nach vorn und unten sich forzusetzen. Dies findet auch in der Form des Hinterhorns seinen

---

[1]) Diese mediane Wand des Seitenventrikels wird von dem hinter der ursprünglichen Monro'schen Spaltöffnung gelegenen Theil der Wand des Hemisphärenbläschens gebildet (s. Fig. 17, S. 58). Aus der unmittelbar den Spalt hinten begrenzenden Marklamelle geht hierbei, wie F. Schmidt vermuthet, der auf dem Boden des Seitenventrikels zwischen dem Seh- und Streifenhügel gelegene Hornstreif hervor (*i* Fig. 17). (F. Schmidt, Zeitschr. f. wiss. Zool. Bd. 11, S. 58.)

[2]) Dieser Schlitz ist die später noch zu erwähnende fissura hippocampi.

Spalte sich einsenkt, und je mehr in Folge dessen der Schläfetheil des Gehirnes tiefer als der Stirntheil zu liegen kommt, um so stärker krümmen sich die Bogen. Die Zahl der Längsfalten, welche so an der Oberfläche des grossen Gehirns bemerkt werden, variirt im allgemeinen zwischen zwei und fünf. Manchmal münden einzelne an irgend einer Stelle ihres Verlaufs mit einer benachbarten Falte zusammen; sehr häufig treten schwächere secundäre Falten hinzu, welche die erste Richtung kreuzen. Auf diese Weise entstehen unregelmässigere Schlängelungen, welche jenes Gesetz des Verlaufs mehr oder weniger verdecken können. Wesentlich anders verhält sich die Faltenbildung am vordern Theil des grossen Gehirns. In einer Gegend, die der Sylvischen Spalte entspricht oder noch etwas nach vorne von derselben liegt, geht nämlich der longitudinale Windungszug entweder allmälig oder plötzlich in einen transversalen über; zugleich sind die auftretenden Querfurchen häufig radiär gegen die Sylvische Spalte gestellt. Die Richtung der Falten des Frontalhirns ist also dem longitudinalen und bogenförmigen Verlauf der Windungen am Occipitalhirn entgegengesetzt, wie die obere Reihe der in Fig. 37. skizzirten Gehirne deutlich zeigt. Diese Furchenbildung am vordern Theil des Gehirns steht augenscheinlich damit im Zusammenhang, dass vorn ein bis dahin in der Tiefe verborgener Windungszug, die Bogenwindung, an die Oberfläche hervortritt (Fig. 35 *Gf*). Bei allen Säugethieren mit Ausnahme der Cetaceen und Primaten, derjenigen Ordnungen also, bei denen die Riechwindungen mehr oder weniger verkümmert sind, erhebt sich am vordern Theil des Gehirns die Bogenwindung zur Oberfläche und ist an dieser Stelle durch eine quer oder schräg gestellte Furche von den dahinterliegenden Windungen geschieden; nach vorn geht sie unmittelbar in die Riechwindung über, von der sie abermals durch eine meistens seichtere Querfurche getrennt ist. Die Stelle, wo die Bogenwindung zu Tage tritt, liegt zuweilen sehr nahe an der vordern Hirngrenze: so bei den Carnivoren, bei denen aber diese Windung sich stark in die Breite entwickelt, so dass sie mit der Riechwindung ganz den sonst dem Frontalhirn entsprechenden Platz einnimmt. In andern Fällen liegt jene Stelle weiter zurück, es pflegt dann der frei liegende Theil der Bogenwindung mehr in die Länge als in die Breite entwickelt zu sein, so dass er nur einen schmalen Raum seitlich vom vordern Theil der Längsspalte ausfüllt. Aber nicht bloss diejenigen Falten, die von dem Hervortreten der Bogen- und Riechwindung herrühren, sind quer gerichtet; auch die übrigen auf diesen vorderen Theil des Gehirns sich erstreckenden Furchen und Windungen nehmen dieselbe transversale Richtung an. Dabei können entweder die nämlichen Falten, die an der Occipitalfläche die longitudinale Richtung besitzen, vorn in die transversale umbiegen, oder aber es können plötzlich die Längs-

ihres hinteren Endes zerstreuen sich beim Menschen und Affen in zwei Bündel, von denen das eine, schwächere an die Innenwand des hinteren Horns, das andere stärkere an die Innenwand des unteren Horns vom



Fig. 29. Medianschnitt des menschlichen Gehirns. *bk* Balken. *ca* Vordere Commissur. *cb* Weisse Bodencommissur. *sp* Durchsichtige Scheidewand. *mo* Monro'scher Spalt. *cc* Weisses Hügelchen. *rd* Absteigende, *ra* aufsteigende Wurzel des Gewölbes. *f* Gewölbe. Die weitere Erklärung s. Fig. 24, S. 69.

Seitenventrikel zu liegen kommt. Den so im Hinterhorn entstehenden Vorsprung bezeichnet man als die Vogelklaue (pes hippocampi minor), den im Unterhorn entstehenden als das Ammonshorn (pes hippocampi major, Fig. 30)[1]. Doch tragen zur Bildung dieser Erhabenheiten noch andere Theile bei, die wir sogleich werden kennen lernen. Bei den übrigen Säugethieren, bei welchen es nicht zur Entwicklung eines Hinterhorns kommt, und welchen daher natürlich auch eine Vogelklaue fehlt, geht die ganze Fasermasse des Gewölbes in das Ammonshorn über[2].

Mit der Bildung des Gewölbes scheint die Entstehung eines andern

---

[1] Vgl. auch Fig. 25, S. 70.

[2] Ueber die Frage, ob die Affen gleich dem Menschen ein hinteres Horn des Seitenventrikels und einen pes hippocampi minor besitzen, ist ein ziemlich unfruchtbarer Streit zwischen Owen, der diese Theile im Affengehirn leugnete, und Huxley geführt worden. Vgl. Huxley, Zeugnisse für die Stellung des Menschen in der Natur, deutsch von Carus. Braunschweig 1863, S. 128 Schon die älteren Autoren über das Affengehirn, wie Tiedemann (icones cerebri p. 54), bilden das hintere Horn ab. Owen selbst beschreibt in seinem späteren Werk den Anfang eines solchen beim Delphin (anatomy of vertebrates vol. III, p. 120). Die Vogelklaue ist, wie Huxley gezeigt hat, bei den anthropoiden Affen ähnlich wie auch das Hinterhorn nur schwächer entwickelt als beim Menschen.

Fasersystems von dazu senkrechter, transversaler Richtung, welches in noch höherem Grade ausschliessliches Merkmal des Säugethierhirns ist, in naher Verbindung zu stehen. Bei den Monotromen und Beutelthieren nämlich kommen aus dem Ammonshorn Fasern hervor, welche die in dasselbe eintretenden Fasern des Gewölbes bedecken und über dem Zwischenhirn zur entgegengesetzten Hirnhälfte treten, um sich hier ebenfalls in das Ammonshorn einzusenken. Die so entstandene Quercommissur der beiden Ammonshörner ist die erste Anlage des **Balkens** (corpus callosum). Bei den implacentalen Säugethieren, bei denen in dieser Weise der Balken auf eine blosse Quercommissur zwischen den beiden Ammonshörnern beschränkt bleibt, ist die vordere Commissur, ebenso wie bei den Vögeln, sehr stark, zwischen ihr und dem Balken bleibt aber ein freier Raum [1]). Die weitere Entwicklung des Balkens geschieht nun dadurch, dass zu der Commissur der Ammonshörner andere transversale Faserzüge hinzutreten, welche in das ganze übrige Hemisphärenmark, sich grossentheils kreuzend mit den Stabkranzfasern, ausstrahlen. Zugleich nimmt die vordere Commissur an Stärke ab und tritt mit dem vordern Ende des Balkens, dem so genannten **Schnabel** (rostrum) desselben, durch eine dünne, ebenfalls transversale Marklamelle in Verbindung (Fig. 29 *ca*). Durch diese Verbindung der vordern Commissur mit dem Balkenschnabel wird die Longitudinalspalte des grossen Gehirns nach vorn geschlossen. Zwischen dem breiten hinteren Ende des Balkens, dem

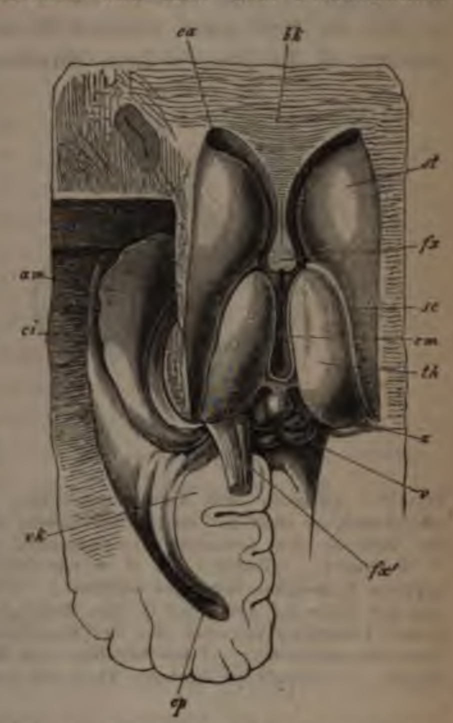


Fig. 30. Seitenventrikel und Hirnganglien des Menschen. *fx* Vorderer durchschnittener Theil des Gewölbes, *fx'* hinterer umgeschlagener Theil desselben. *cp* Hinteres Horn des Seitenventrikels. *vk* Vogelklaue. *ci* Unteres Horn. *am* Ammonshorn. Die weitere Erklärung s. Fig. 26, S. 71.

1) Ob während der Entwicklung der höheren Thiere der Durchbruch des Balkens ebenfalls mit der Ammonscommissur beginnt, bleibt dahingestellt. Die meisten Embryologen geben an, dass der ganze Balken gleichzeitig sich entwickle, nach Andern soll er sich allmälig von vorn nach hinten ausdehnen. Vgl. Schmidt, Zeitschr. f. wiss. Zoologie, Bd. 11, S. 57. Reichert, der Bau des menschl. Gehirns, Abth. II, S. 63, Abth. I, Taf. XI.

Wulst (splenium) desselben, und der oberen Fläche des Kleinhirns aber bleibt ein enger Zugang, durch welchen der dritte Ventrikel nach aussen mündet (dieser Zugang ist in Fig. 29 zwischen der Zirbeldrüse und dem Balkenwulst als dunkel gehaltene Partie sichtbar). Derselbe geht zu beiden Seiten in enge Spalten über, die in die Seitenventrikel führen: es ist dies der Rest jenes vorderen Deckenrisses, durch den die Gefässhautfortsätze in die drei vorderen Hirnkammern eintreten (S. 48).

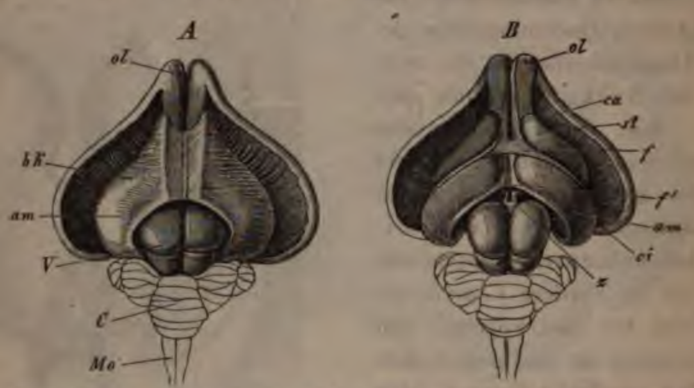


Fig. 31. Anatomie des Kaninchengehirns. In *A* ist die Hemisphärendecke zurückgeschlagen, so dass der Balken vollständig sichtbar wird. In *B* sind durch Entfernung des Balkens die seitlichen Hirnkammern geöffnet. *Mo* Verl. Mark. *C* Kleinhirn. *V* Vierhügel. *z* Zirbel. (In *B* ist zur Seite von *z* der Anfang der von den Ammonshörnern bedeckten Sehhügel sichtbar.) *am* Ammonshorn. *bk* Balken. (Nach vorn von der Linie *bk* liegt der in das Hemisphärenmark übergehende Theil des Balkens, dessen Faserkreuzung mit den Stabkranzbündeln sichtbar ist; hinter *bk* beginnt die Ammonscommissur.) *ol* Riechkolben. *ca* Vorderhorn des Seitenventrikels. *st* Streifenhügel. *f* Vorderer, *f'* hinterer Theil des Gewölbes. *ci* Unterhorn des Seitenventrikels.

Bei den meisten Säugethieren bildet die Ammonscommissur noch fortan einen verhältnissmässig grossen Theil des ganzen Balkens (*bk* Fig. 31 *A*). Da ferner bei ihnen das Occipitalhirn wenig entwickelt ist, so dass das hintere Horn des Seitenventrikels fehlt, und gleichzeitig die vorderen Hirnganglien, die Seh- und Streifenhügel, an Masse weit unbedeutender sind, so ist das Ammonshorn bis an den Ursprung des Gewölbes herangerückt. Das letztere fällt daher jederseits sogleich in zwei Abtheilungen aus einander, von denen die eine vorn, die andere hinten das Ammonshorn umfasst (*f* und *f'* Fig. 31 *B*)[1].

Zwischen dem Balken und den unter ihm hinziehenden Schenkeln des Gewölbes breiten zwei dünne, senkrechte Marklamellen sich aus, welche einen engen spaltförmigen Raum zwischen sich lassen: die durch-

[1] In der menschlichen Anatomie wird derjenige Theil des Balkens, welcher die beiden Ammonshörner verbindet, als Psalterium bezeichnet.

sichtige Scheidewand (septum lucidum, *sp* Fig. 29). Diese bewirkt samt dem Gewölbe den Verschluss der seitlichen Hirnkammern nach innen, nur der Anfang des MONRO'schen Spaltes bleibt hinter dem vordern Anfang der Gewölbsschenkel als die gewöhnlich sogenannte MONRO'sche Oeffnung bestehen (*m o* Fig. 29). Zwischen den beiden Seitenhälften der durchsichtigen Scheidewand bleibt ferner ein spaltförmiger, nach unten mit dem 3ten Ventrikel communicirender Hohlraum, der ventriculus septi lucidi. Die Ausstrahlungen des Balkens bilden die Decke und einen Theil der äusseren Wand der seitlichen Hirnkammern; sie umgeben die Aussenfläche des Linsenkerns, als äussere Kapsel desselben, und sie kreuzen sich in ihrem Verlauf nach der Hirnrinde, in der sie endigen, überall mit den Fasern des Stabkranzes, ausgenommen in ihrer hintern Abtheilung, welche den Ammonshörnern und ihrer Umgebung zugehört, Theilen, in die keine Stabkranzfasern eindringen, und in denen daher auch keine Kreuzung mit denselben stattfinden kann. Diese hintere Abtheilung des Balkens bleibt bei den niederen Säugethieren als reine Commissur der Ammonshörner bestehen (Fig. 31 A), bei den Primaten aber scheidet sie sich wieder in zwei Theile, in einen inneren, der in das Ammonshorn und die Vogelklaue (*a m* und *v k* Fig. 30) übergeht, und in einen äusseren, der sich vor den zur Rinde des Occipitalhirns tretenden Stabkranzfasern nach unten umschlägt (*m'* Fig. 32), um die Aussenwand des hintern Horns vom Seitenventrikel zu bilden: man bezeichnet ihn hier als Balkentapete (*t p* Fig. 28).

Die nämliche Faserrichtung, welche das Gewölbe, der aus der vordern Grenzlamelle des MONRO'schen Spaltes hervorgegangene Faserzug, einschlägt, theilt sich bei der Umwachsung des Stammhirns durch den Hemisphärenbogen auch dem unmittelbar vor jener Grenzlamelle gelegenen Theil der Hemisphärenwand mit. Aber während das Gewölbe wegen der anfänglichen Verwachsung nicht von grauer Rinde überzogen ist, bleibt jener ursprünglich nicht verwachsene Theil vor ihr, der nachher in Folge der Hemisphärenwölbung über das Gewölbe zu liegen kommt, an seiner medianen Seite von Rinde bedeckt. Nachdem der Durchbruch des Balkens erfolgt ist, wird er durch diesen vom Gewölbe getrennt und bildet nun einen den Balken bedeckenden longitudinalen Faserzug, der bei fast allen Säugethieren durch eine dem Balken parallele Furche von den weiter nach der Peripherie gelegenen Theilen der Hemisphäre geschieden ist. Man bezeichnet diesen longitudinalen Faserzug als die Bogenwindung oder Zwinge (gyrus fornicatus, cingulum *G f* Fig. 29). Bei solchen Säugethieren, bei denen diese Windung sehr stark und der Stirntheil des Vorderhirns relativ wenig entwickelt ist, kommt der Anfang der Bogenwindung vorn unmittelbar hinter der Basis der Riechstreifen zu Tage. Seine Fasern stehen hier theils mit der Rinde des vordersten an den Riechstreifen grenzenden Theils der Hirnbasis theils,

wie es scheint, mit den Fasern der durchsichtigen Scheidewand, d
letztere also vielleicht mit dem Gewölbe, in Zusammenhang, hinten ko
die Bogenwindung, nachdem sie sich um den Balken herumgeschla
ebenfalls an der Hirnbasis zum Vorschein, und geht in eine nach hi
von der Sylvischen Spalte gelegene und die Medianspalte begrenze
Windung über, welche als **hakenförmige Windung** (gyrus uncin
oder hippocampi) die Aussenwand des Ammonshorns bildet (*H* Fig.
An der Grenze des Balkens hört der Rindenbeleg auf, die untere
Balken zugekehrte Fläche der Bogenwindung ist daher rein markig.
im hintern Abschnitt derselben hat sich ein schmaler von der übr



Fig. 32. Hirnbalken und seitliche Hirnkammer vom Menschen. Auf der linken S
ist die Hemisphärendecke so weit entfernt, dass der mittlere Theil des Balkens
liegt, dann sind die Faserungen desselben in das Hemisphärenmark dargestellt.
der rechten Seite ist ein Schnitt geführt, der den Seitenventrikel von oben öf
bk Balken. *sm* Mittlerer Längsstreif oder Balkennaht (stria media). *sl* Seitlicher Lä
streif oder bedecktes Band (taenia tecta), zur Bogenwindung gehörig. *m* Kreuzung
Balkenstrahlung mit der Faserung des Stabkranzes. *m'* Hinterer ungekreuzter T
der Balkenstrahlung. (Bei *m'* schlägt sich derselbe nach unten, um die äussere W
des Hinterhorns, die Balkentapete, *tp* Fig. 28, zu bilden.) *fa* Bogenfasern (fi
arcuatae), welche die Rindentheile benachbarter Windungen mit einander verbin
st Streifenhügel. *sc* Hornstreif. *th* Sehhügel (grossentheils verdeckt durch die folgen
Theile). *fx* Gewölbe. *am* Ammonshorn. *vk* Vogelklaue.

Rinde isolirter Streifen grauer Substanz erhalten, welcher als graue Leiste (fasciola cinerea) bezeichnet wird und unmittelbar den Balken bedeckt (*fc* Fig. 33). Die weissen Longitudinalfasern der Bogenwindung, welchen die graue Leiste aufsitzt, sind während des ganzen Verlaufs derselben von dem übrigen Mark getrennt, so dass sie bei der Ablösung derselben vom Balken nebst der sie in ihrem hinteren Abschnitt überziehenden grauen Leiste als ein weisser Markstreifen, das bedeckte Band (taenia tecta genannt, auf dem Balken sitzen bleiben (*s l* Fig. 32 u. 33). Die Trennung des bedeckten Bandes und der grauen Leiste von der übrigen Mark- und Rindensubstanz der Bogenwindung erhält dadurch ihre Bedeutung, dass jene Gebilde auch beim Uebergang der Bogen- in die Hakenwindung getrennt bleiben [1]. Mark und Rinde der Bogenwindung gehen nämlich unmittelbar in Mark und Rinde des gyrus hippocampi über, so dass beide eigentlich eine einzige Windung bilden, deren beide Theile sich nur dadurch unterscheiden, dass der gyrus fornicatus an seiner untern dem Balken zugekehrten Fläche nicht von Rinde belegt ist, während sich beim Uebergang in den gyrus hippocampi die Rinde wieder über die ganze Oberfläche ausbreitet. An der Stelle nun wo die Bogenwindung den Balkenwulst verlassend zum gyrus hippocampi wird, und wo demnach die bisher nur die innere Oberfläche überziehende Rinde auf die untere sich ausdehnt, trennt sich das bedeckte Band von dem übrigen Mark der Windung, indem es auf die Oberfläche der Rinde des gyrus hippocampi zu liegen kommt. Hierdurch muss sich aber auch die graue Leiste, welche das bedeckte Band unten überzieht, von der übrigen Rinde trennen, da eben das bedeckte Band zwischen beiden sich ausbreitet. An dieser Stelle ist also die das Mark überziehende Rinde noch einmal von einer weissen Markschicht und die letztere abermals von grauer Rinde bedeckt, wobei aber diese oberflächlichsten aus dem bedeckten Band und der grauen Leiste stammenden Schichten örtlich beschränkt bleiben, indem sie nur den gyrus hippocampi und diesen nicht einmal vollständig überziehen. Beide verhalten sich übrigens in ihrer Ausbreitung verschieden. Das Mark des bedeckten Bandes verbreitet sich über die ganze Rinde des gyrus hippocampi als eine äusserst dünne netzförmig durchbrochene Schicht, sie bildet so als stratum reticulare des gyrus hippocampi die einzige weisse Markausbreitung auf der Rindenoberfläche der Hemisphären (*s r* Fig. 33, s. a. *H* Fig. 23). Die graue Leiste aber behält ihr bandförmiges Ansehen, sie überzieht nicht die ganze

[1] Nicht zur Bogenwindung sondern zum Balken selbst wird der die sogenannte Balkennaht bildende mittlere Längsstreif (*s m* Fig. 32) gerechnet. Ursprung und Endigung dieses Längsfaserzugs sind übrigens noch unbekannt.

Markstrahlung des bedeckten Bandes sondern nur jene Stelle derse
welche in die den gyrus hippocampi nach innen begrenzende Furch
liegen kommt; wegen der ä
ren Form, die sie an dieser
ihres Verlaufes erhält, wir
hier als gezahnte Binde
cia dentata) bezeichnet (*fd* Fig
Jene Furche, welche den
hippocampi nach innen begr
springt nun aber in das u
Horn des Seitenventrikels i
Gestalt des Ammonshorns
So wird die Bildung des le
ren, zu der, wie wir obe
sehen haben, Fasern des G
bes und des Balkens beitr
durch den Antheil, welche
verschiedenen Theile der B
windung an ihr nehmen, v
det. Der markige Beleg, d



Fig. 33. Die Hakenwindung mit den angrenzenden Theilen des Balkens und Gewölbes, vom Menschen. *bk* Balken. *sl* Bedecktes Band. *fc* Graue Leiste (fasciola cinerea). *fd* Gezahnte Binde (fascia dentata), Fortsetzung der grauen Leiste. *fx* Unteres Ende des Gewölbes. *H* Hakenwindung (lobus hippocampi). *sr* Netzförmige Substanz (substantia reticularis alba).

Kammeroberfläche des Ammonshorns überzieht, wird durch die Faser
Gewölbes und des Balkens gebildet (Fig. 34). Darauf folgt als erste graue Sc
die Rinde des gyrus hippocampi (*r*),
aussen von ihr kommt als zweite Marks
die Fortsetzung des bedeckten Bandes
die auf der Rinde des gyrus hippo
ausgebreitete substantia reticularis
und auf sie endlich folgt als zweite
Schicht die gezahnte Binde, die Fortse
der grauen Leiste (*fd*). Letztere ers
sich wie gesagt nur in die dem Ammon
entsprechende Furche hinein; in diese
det zugleich die Lage der reticulären
stanz ihre innere Grenze, an der
wo dies der Fall ist hängt die graue Sc
der gezahnten Binde mit der Rind
gyrus hippocampi zusammen, so dass
die beiden grauen Lagen, welche
Ammonshorn ausfüllen, in einander
gehen. Gerade da wo dieser Ueb
stattfindet endet der innere m



Fig. 34. Die Hakenwindung mit dem Ammonshorn auf einem Querschnitt, vom Menschen. *ci* Unteres Horn des Seitenventrikels. *r* Graue Rinde der Hakenwindung. *H* Hakenwindung mit der weissen netzförmigen Substanz. *fd* Aeussere graue Schicht des Ammonshorns (fascia dentata). *sl* Innerer weisser Ueberzug des Ammonshorns, Fortsetzung der stria longitudinalis. *fi* Umgeschlagener Saum dieser Schichte (fimbria).

Ueberzug des Ammonshorns mit einem freien umgeschlagenen Saume, der **Fimbria** (*fi*)[1].

Während das Gehirn im Laufe seiner Entwicklung allmälig in die Theile sich gliedert, die wir nun kennen gelernt haben, erfährt seine äussere Form Umwandlungen, die zu immer complicirteren Bildungen führen, und deren schliessliches Resultat theils von der Stufe der Entwicklung, die das betreffende Gehirn überhaupt erreicht, theils von dem relativen Wachsthum der einzelnen Theile, die dasselbe zusammensetzen, abhängt. Bei den niedersten Wirbelthieren entfernt es sich wenig von jener einfachsten embryonalen Form, die mit der Scheidung des primitiven Hirnbläschens in seine fünf Abtheilungen gegeben ist. Fast alle Formverschiedenheiten beruhen hier auf der relativen Grösse dieser Abtheilungen; ausserdem ist nur noch die Entwicklung der aus dem Vorderhirn hervorgewachsenen Riechkolben von formbestimmendem Einflusse. Eine grössere Mannigfaltigkeit der Gestaltung ergiebt sich bereits, sobald die Mantelgebilde den Hirnstamm zu umwachsen beginnen. Die Bedeckung der lobi optici und des Kleinhirns durch die Grosshirnhemisphären, des verlängerten Marks durch das Kleinhirn, der Grad der Kopfkrümmung bringen nun eine neue Reihe von Formeigenthümlichkeiten hervor, denen sich als weitere die äussere Gestalt der Hemisphären, die Entwicklung oder der Mangel der Seitentheile des Kleinhirns, das hiermit zusammenhängende Hervortreten gewisser Kerngebilde wie der Oliven an der medulla oblongata, sowie die Entwicklung einer Varolsbrücke hinzugesellen. An allen Säugethierhirnen ist die Stelle, wo die Grosshirnhemisphäre ursprünglich dem Hirnstamm aufsitzt, durch die Sylvische Grube bezeichnet (S. 56 Fig. 16). Indem sich die Ränder dieser Grube entgegenwachsen, geht dieselbe bei allen höheren Säugethieren in eine tiefe Spalte, die **Sylvische Spalte** (fissura Sylvii), über. Dieselbe geht im allgemeinen schräg von hinten und oben nach vorn und unten; ihre Richtung weicht um so mehr von der verticalen ab, je stärker sich das Occipitalhirn entwickelt und die nach hinten gelegenen Theile überwächst. (Fig. 35). Eine eigenthümliche Gestaltung erfährt diese Spalte endlich bei

[1] Vergleicht man hiernach das Ammonshorn mit der zweiten Hervorragung des Seitenventrikels, auf welcher die Fasern des Gewölbes sich ausbreiten, mit der Vogelklaue im hintern Horn (S. 76), so stimmen beide Bildungen darin überein, dass sie von Faltungen der Hirnoberfläche herrühren, welche aussen als Furchen, innen als Erhöhungen erscheinen, und dass der Marküberzug dieser Erhöhungen von Fasern des Gewölbes und Balkens gebildet wird. Aber während die Vogelklaue hierauf beschränkt bleibt und daher nur aus zwei Schichten, einer innern weissen und äussern grauen, besteht, wird beim Ammonshorn die durch die Faltung der Hirnoberfläche gebildete Vertiefung von der Fortsetzung des bedeckten Bandes und der gezähnten Binde ausgefüllt, so dass hier vier Schichten, zwei weisse und zwei graue, entstehen.

der höchsten Säugethierordnung, bei den Primaten[1]). Bei ihnen ni nämlich schon im Anfang des Embryonallebens die in Folge der Umwa sung des Stammhirns durch die Hemisphären gebildete Grube durch die gle

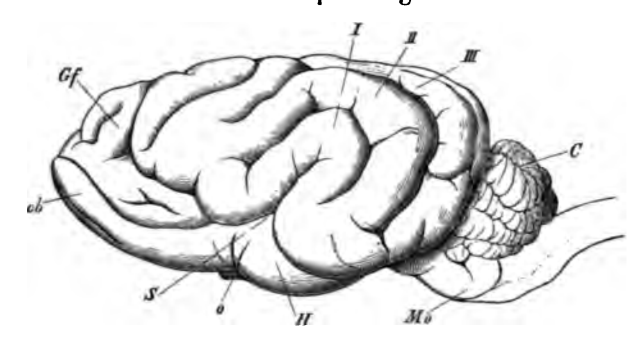


Fig. 35. Hundegehirn in der Seitenansicht. *Mo* Verl. Mark. *C* Kleinhirn. *S* vische Spalte. *ol* Riechlappen. *Gf* Bogenwindung, hinter dem Riechlappen an Oberfläche tretend. *H* Hakenwindung (lobus hippocampi). *o* Nerv. opticus. *I, II* Erste, zweite und dritte typische Windung des Carnivorengehirns.

zeitige Entwicklung des Frontal- und Occipitalhirns ungefähr die Form e Dreiecks an, dessen Basis nach oben gekehrt ist. Diese Grube schliesst sich d indem ihre Ränder von vorn, oben und hinten sie überwachsen, zu einer belförmigen Spalte (*S* Fig. 36), an welcher man einen vorderen und einen tern Schenkel (s_1 und s_2) terscheidet. (Vergl. a. Fig. Der zwischen den be Gabeln der Spalte geleg die ursprüngliche Grube oben her deckende He sphärentheil (*K*) heisst Klappdeckel (operculu Schlägt man den Klappde zurück, so sieht man, der unter ihm gelegene den der Sylvischen Gr emporgewölbt und, gleich übrigen Oberfläche der misphäre, durch Furchen eine Anzahl von Windun getheilt ist. Den so we

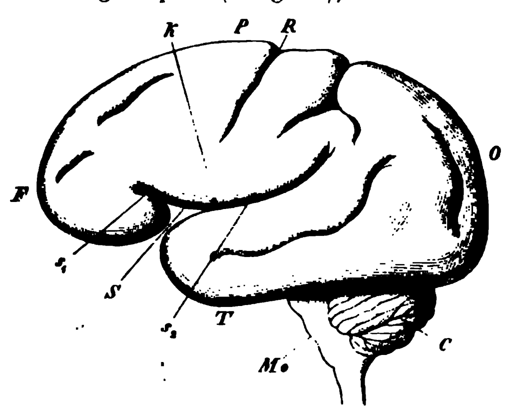


Fig. 36. Gehirn eines 7-monatlichen menschlichen Fötus in der Seitenansicht. *Mo* Verl. Mark. *C* Kleinhirn. *S* Sylvische Spalte. s_1 vorderer, s_2 hinterer Schenkel derselben. *K* Klappdeckel. *R* Rolando'scher Spalt. *F* Stirnlappen. *P* Scheitellappen. *O* Hinterhauptslappen. *T* Schläfelappen.

---

[1]) Wir begreifen hier und im Folgenden überall unter der Ordnung der Prim die eigentlichen Affen (simiae) und den Menschen, die in Bezug auf die Formausbil ihres Gehirns eine durchaus zusammenhängende Gruppe bilden.

seiner eigenthümlichen Lage versteckten und isolirten Gehirnabschnitt nennt man den versteckten Lappen oder die Insel (lobus opertus, insula Reilii, Fig. 27 *J* S. 72). Sowohl der Klappdeckel wie die Insel sind ausschliesslich dem Primatengehirn eigenthümlich. Die beiden Schenkel der Sylvischen Spalte benützt man in der Regel, um die Hemisphären des Primatengehirns in einzelne Regionen zu trennen. Den nach vorn vom vordern Schenkel gelegenen Theil nennt man nämlich den Stirnlappen (*F* Fig. 37), den von beiden Schenkeln eingefassten Raum den Scheitellappen (*P*), die hinter der Sylvischen Spalte gelegene Region den Hinterhauptslappen (*O*) der unter ihr gelegene Hirntheil endlich heisst der Schläfelappen (*T*). An der Convexität des Gehirns gehen diese Lappen ohne scharfe Grenze in einander über.

Wie die Sylvische Spalte die ganze Aussenfläche der Hemisphäre in mehrere Abschnitte trennt, so sind noch einige Theile des Grosshirns durch Furchen oder Spalten gegen ihre Umgebung abgegrenzt. So gibt sich der über dem Balken von vorn nach hinten ziehende und dann um den Balkenwulst sich auf die Unterfläche des Gehirns begebende longitudinale Faserzug, die Bogenwindung, in der Regel durch Furchen zu erkennen, welche denselben von den umgebenden Theilen trennen (Fig. 29 *G f*). Namentlich ist bei allen Säugethieren an der medianen Oberfläche der Hemisphäre der Rand sichtbar, mit welchem sich die Bedeckung des inneren Theils der Bogenwindung in das untere Horn des Seitenventrikels umschlägt (fissura hippocampi Fig. 27 *f h*); bei den meisten ist ausserdem die Bogenwindung während ihres Verlaufs über dem Balken nach oben hin durch eine longitudinale Furche (sulcus calloso-marginalis *C* Fig. 29) begrenzt. Ebenso ist an der Basis des Vorderhirns der Riechkolben oder die Riechwindung fast immer nach innen und nach aussen durch Furchen geschieden (sulcus ento- und ectorhinalis), die übrigens am menschlichen Gehirn in eine einzige zusammenfliessen (*s r* Fig. 23). Alle diese Spalten und Furchen sind somit theils durch das Wachsen der Hemisphäre um ihre Anheftungsstelle am Zwischenhirn (fissura Sylvi), theils durch den Verschluss der äusseren Spalte des unteren Horns (fissura hippocampi), theils durch den Verlauf bestimmter an der medianen und unteren Fläche der Hemisphäre hervortretender Markbündel (fissura calloso-marginalis, ento- und ectorhinalis) verursacht. Da nun die zu Grunde liegenden Structurverhältnisse allen Säugethieren eigenthümlich sind, so sind auch jene Vertiefungen, sobald sie überhaupt aussen sichtbar werden, durchaus constant in ihrem Auftreten. Minder gleichförmig verhalten sich andere Furchen, welche dem Hirnmantel der höhern Säugethiere ein vielfach gefaltetes Ansehen geben. Die Oberfläche des Klein- und Grosshirns wird durch diese Furchen in zahlreiche Windungen (gyri) eingetheilt, welche am Kleinhirn, an welchem

sie schmale, auf dem Markkern senkrecht stehende Leisten von meist versaler Richtung bilden, im allgemeinen regelmässiger geordnet sind Grosshirn aber, wo sie den Darmwindungen einigermassen ähnlich oft weniger deutlich ein bestimmtes Gesetz erkennen lassen. Die ge same Ursache aller dieser Faltungen der Hirnoberfläche liegt augens lich in dem verschiedenen Wachsthumsverhältniss der Hirnrinde un in sie eintretenden Markstrahlung. Wächst die Rinde samt der unn bar von ihr bedeckten Markschichte verhältnissmässig schneller als de tralere Theil der Markstrahlung, so muss sich die Hirnoberfläche ir ten legen, indem sie in ähnlicher Weise sich aufrollt wie ein Band Zurückdrehen der Rolle, um die es geschlungen ist. Als Axe der Aufro wird man daher bei den Faltungen der Hirnoberfläche eine Linie be nen können, welche in der Richtung der Falten durch den Markker legt wird: um diese müsste man den Hirnmantel rollen, wenn sein ebene in eine glatte Oberfläche verwandelt werden sollte. Laufen di ten in verschiedener Richtung, so werden dem entsprechend m Axen anzunehmen sein, um welche der Hirnmantel successiv gerollt w müsste, wenn man ihn glätten wollte.

Die Faltung der Oberfläche des Kleinhirns tritt in ihre fachsten Form bei den Vögeln auf, deren Cerebellum der Seitentheil behrt und daher von oben gesehen als ein unpaares Gebilde von annä kugel- oder eiförmiger Gestalt erscheint. Die. Oberfläche dieses Orga nun in transversale Falten gelegt, welche annähernd Kreisen oder El entsprechen, die sämmtlich in einer durch den Mittelpunkt der Kugel des Ovoids gelegten transversalen Axe sich schneiden: die letztere ist in diesem Fall die gemeinsame Aufrollungsaxe für alle an der Obe sichtbaren Falten (Fig. 20 S. 63). Durchschneidet man aber das senkrecht zur Richtung dieser Axe, so zeigt sich, dass die Tiefe d einzelnen Erhebungen trennenden Flächen wechselt, indem je eine G von zwei bis drei Leisten, welche von einander durch seichtere Fl begrenzt sind, durch tiefere von ihrer Umgebung sich scheiden (F *B* S. 51). Bei den Säugethieren wird die Faltung complicirter, eine grössere Zahl leistenförmiger Erhebungen zu einer durch tiefere chen gesonderten Gruppe zusammentritt. Ausserdem sind häufig m solche Gruppen durch trennende Spalten zu grösseren Lappen ver So kommt es, dass die meisten Windungen in die Tiefe der grösserei ten zu liegen kommen und nur die Endlamellen auf der Oberfläc scheinen; auf Durchschnitten entsteht hierdurch jenes Bild eines si Zweige und Blätter entfaltenden Baumes, welches die alten Anatom

dem Namen des Lebensbaumes belegten. (Fig. 29 W). Zudem erheben sich nun neben dem mittleren Theil oder Wurm grössere symmetrische Seitenhälften. Wo diese, wie z. B. beim Menschen, eine verhältnissmässig regelmässige Anordnung der Windungen darbieten, da sind die letzteren ebenfalls vorwiegend transversal gerichtet. Doch verlassen sie diese Richtung gegen den vorderen und hinteren Rand, um allmälig in schräge und selbst longitudinale Bogen überzugehen, welche gegen diejenige Stelle convergiren, wo die Seitentheile an dem Wurm aufsitzen (Fig. 21 S. 63). Bei vielen Säugethieren kommen übrigens, namentlich an den Seitentheilen, grössere Abweichungen in dem Verlauf der Faltungen vor, welche sich einer bestimmten Regel nicht mehr fügen; solche sind besonders bei grossem Windungsreichthum des Organs zu beobachten. Auch am kleinen Gehirn des Menschen gibt es einzelne durch grössere Spalten isolirte Abtheilungen[1], an welchen der Verlauf der Windungen von der im Ganzen eingehaltenen Regel mehr oder weniger abweicht, wahrscheinlich in Folge besonderer Verhältnisse des Faserverlaufs, welche das allgemeine Wachsthumsgesetz modificiren. Hiervon abgesehen ist die Gestaltung der Oberfläche dadurch complicirt, dass wir, den Verzweigungen des so genannten Lebensbaumes entsprechend, Falten erster, zweiter und dritter Ordnung unterscheiden können (Fig. 29). Die secundären Falten sind den primären superponirt, indem jede der letzteren sich noch einmal in Falten von gleicher Richtung legt, ebenso die tertiären den secundären. Wir können uns den Vorgang dadurch versinnlichen, dass wir der ersten über die ganze Oberfläche sich erstreckenden Aufrollung eine zweite und dritte folgen lassen, von denen jede um quere Axen erfolgt, welche innerhalb der durch die vorangegangene Aufrollung gebildeten Falten gelegen sind.

Die Oberfläche des grossen Gehirns pflegt nur bei der höchsten Wirbelthierclasse sich durch Faltungen zu vergrössern, und noch bei den Säugethieren zeigen die niedersten Ordnungen höchstens die schon früher besprochenen Furchen und Windungen (Sylvische Spalte, sulcus hippocampi u. s. w.), welche auf anderen Ursachen beruhen als die übrigen Faltenbildungen. Sobald aber die letzteren erscheinen halten sie bei allen Säugethieren bis hinauf zu den Primaten im wesentlichen die nämliche Regel ein. Alle Furchen und Windungen, welche sich gegen die hintere Grenze des Gehirns erstrecken, verlaufen nämlich von vorn nach hinten,

[1] Hierher gehört namentlich die Flocke (*fl* Fig. 23), ein kleiner federähnlicher Auswuchs am hintern Rand des Brückenschenkels, und die Tonsille (*to* ebend.), ein die medulla oblongata deckender eiförmiger Wulst zwischen dem unteren Wurm und den Seitentheilen.

also annähernd in longitudinaler Richtung; häufig sind sie zugleich i
Bogen um die Sylvische Spalte gekrümmt. (Vergl. Fig. 35 S. 84 *I*, *II*, *III*.
Wie die Hemisphären von vorn nach hinten den Hirnstamm umwachsen
so sind demnach auch die Windungen auf einem Theil ihrer Oberfläche vo
vorn nach hinten gerichtet und zugleich um die Anheftungsstelle am Zwischen-
hirn im selben Sinne gebogen, in welchem die Umwachsung stattfindet
Die Stärke dieser Krümmung ist durch die Tiefe und Ausdehnung de
Sylvischen Grube oder Spalte bedingt. Wo diese nur als eine schwach
Vertiefung oder als ein mässiger Einschnitt erscheint, da verlaufen di
Windungen, wenigstens eine Strecke weit, fast geradlinig. Je tiefer di

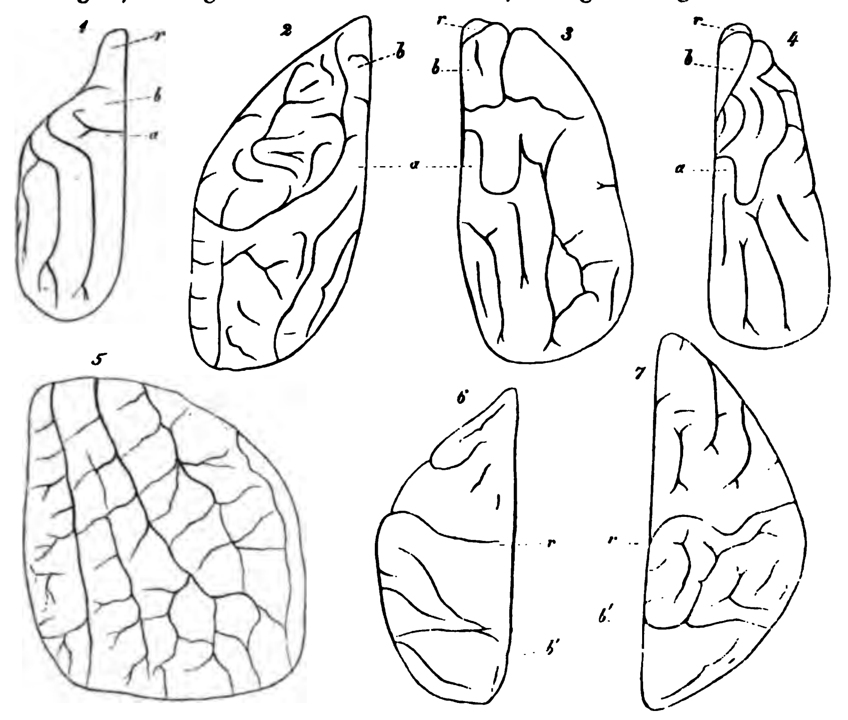


Fig. 37. Das grosse Gehirn verschiedener Säugethiere von oben gesehen, im Umris um den Verlauf der Furche zu zeigen. (*6* nach GRATIOLET, die übrigen nach der Natur *1* Hund ($^2/_3$ der natürlichen Grösse). *2* Kalb ($^1/_2$). *3* Schaaf ($^2/_3$). *4* Schwein ($^2/_3$ 5 Delphin ($^1/_2$). *6* Cercopithecus Sabaeus ($^2/_3$). *7* Chimpanze ($^1/_2$). Die obere Reih zeigt den gewöhnlichen Typus der Faltenbildung, die untere (Cetaceen und Primaten einen abweichenden. In *1—4* bezeichnet *a* die ungefähre Grenze, von welcher nac vorn transversale, nach hinten longitudinale Faltenrichtung vorherrscht. *b* Bogenwindung *r* Riechwindung. In 5 ist die longitudinale Faltenrichtung an der ganzen Oberfläch vorherrschend, löst sich aber im Occipitaltheil durch secundäre Falten in eine netzför mige Anordnung der Furchen auf. In *6* und *7* bezeichnet *r* (der ROLANDO'sche Spal die Grenze, von der aus nach vorn longitudinale, nach hinten transversale Faltenrichtun vorherrscht. *b'* Zur Oberfläche tretender Theil der Bogenwindung (Zwickel und Vorzwickel).

Spalte sich einsenkt, und je mehr in Folge dessen der Schläfetheil des Gehirnes tiefer als der Stirntheil zu liegen kommt, um so stärker krümmen sich die Bogen. Die Zahl der Längsfalten, welche so an der Oberfläche des grossen Gehirns bemerkt werden, variirt im allgemeinen zwischen zwei und fünf. Manchmal münden einzelne an irgend einer Stelle ihres Verlaufs mit einer benachbarten Falte zusammen; sehr häufig treten schwächere secundäre Falten hinzu, welche die erste Richtung kreuzen. Auf diese Weise entstehen unregelmässigere Schlängelungen, welche jenes Gesetz des Verlaufs mehr oder weniger verdecken können. Wesentlich anders verhält sich die Faltenbildung am vordern Theil des grossen Gehirns. In einer Gegend, die der Sylvischen Spalte entspricht oder noch etwas nach vorne von derselben liegt, geht nämlich der longitudinale Windungszug entweder allmälig oder plötzlich in einen transversalen über: zugleich sind die auftretenden Querfurchen häufig radiär gegen die Sylvische Spalte gestellt. Die Richtung der Falten des Frontalhirns ist also dem longitudinalen und bogenförmigen Verlauf der Windungen am Occipitalhirn entgegengesetzt, wie die obere Reihe der in Fig. 37. skizzirten Gehirne deutlich zeigt. Diese Furchenbildung am vordern Theil des Gehirns steht augenscheinlich damit im Zusammenhang, dass vorn ein bis dahin in der Tiefe verborgener Windungszug, die Bogenwindung, an die Oberfläche hervortritt (Fig. 35 *Gf*). Bei allen Säugethieren mit Ausnahme der Cetaceen und Primaten, derjenigen Ordnungen also, bei denen die Riechwindungen mehr oder weniger verkümmert sind, erhebt sich am vordern Theil des Gehirns die Bogenwindung zur Oberfläche und ist an dieser Stelle durch eine quer oder schräg gestellte Furche von den dahinterliegenden Windungen geschieden; nach vorn geht sie unmittelbar in die Riechwindung über, von der sie abermals durch eine meistens seichtere Querfurche getrennt ist. Die Stelle, wo die Bogenwindung zu Tage tritt, liegt zuweilen sehr nahe an der vordern Hirngrenze: so bei den Carnivoren, bei denen aber diese Windung sich stark in die Breite entwickelt, so dass sie mit der Riechwindung ganz den sonst dem Frontalhirn entsprechenden Platz einnimmt. In andern Fällen liegt jene Stelle weiter zurück, es pflegt dann der frei liegende Theil der Bogenwindung mehr in die Länge als in die Breite entwickelt zu sein, so dass er nur einen schmalen Raum seitlich vom vordern Theil der Längsspalte ausfüllt. Aber nicht bloss diejenigen Falten, die von dem Hervortreten der Bogen- und Riechwindung herrühren, sind quer gerichtet; auch die übrigen auf diesen vorderen Theil des Gehirns sich erstreckenden Furchen und Windungen nehmen dieselbe transversale Richtung an. Dabei können entweder die nämlichen Falten, die an der Occipitalfläche die longitudinale Richtung besitzen, vorn in die transversale umbiegen, oder aber es können plötzlich die Längs-

furchen unterbrochen werden und Querfurchen an ihre Stelle treten. Für das erstere Verhalten ist das durch die Regelmässigkeit und Symmetrie seiner Windungen ausgeziechnete Carnivorengehirn ein augenfälliges Beispiel (Fig. 37, 1); dem zweiten Typus folgen die meisten anderen windungsreicheren Säugethierhirne, wobei übrigens immerhin einzelne der Längsfurchen oft in Querfurchen sich fortsetzen. Meistens sind es zwei Hauptfurchen, welche so entweder vollkommen selbständig oder nach rückwärts in Längsfurchen übergehend den Frontaltheil des Gehirns transversal durchziehen; dazu kommt nun aber auch noch die hintere Begrenzungsfurche der Bogenwindung, sowie die Furche zwischen Bogen- und Riechwindung, so dass die Gesammtzahl der vorderen Querfurchen meistens auf vier sich beläuft (Fig. 37, 3 und 4).

Sowohl die longitudinalen wie die transversalen Falten sind gewöhnlich nur an der oberen und äusseren Fläche der Hemisphären sichtbar. Die Basis des grossen Gehirns pflegt ganz und gar von den bereits früher besprochenen Furchen und Windungen eingenommen zu sein, nämlich vorn von der Riechwindung und hinten von dem lobus hippocampi (Fig. 35 *o l*, *H*), neben denen höchstens ein schmaler Saum sichtbar bleibt, der den äussersten Windungen der Hirnoberfläche angehört. Auf dem medianen Durchschnitt wird in den meisten Gehirnen die Oberfläche vollständig von der Bogenwindung und ihren Fortsetzungen, nach hinten in den hippokampischen Lappen, nach vorn in die Riechwindung eingenommen. Nur wo diese Gebilde mehr zurücktreten, wie am Gehirn der Cetaceen, der Affen und des Menschen, kommen die Windungszüge der Oberfläche zum Theil auch hier zum Vorschein. Diese Gehirne zeigen aber noch in anderer Beziehung bedeutende Abweichungen von dem allgemeinen Furchungsgesetz des Säugethierhirns. Bei den Cetaceen, deren peripherische und centrale Geruchsorgane gänzlich verkümmern, bleibt die Bogenwindung in der Tiefe verborgen, und eine Riechwindung existirt überhaupt nicht. Die Hauptfurchen der Oberfläche ziehen in der ganzen Länge des ausserordentlich in die Breite entwickelten Gehirns longitudinal von vorn nach hinten, wie es bei den übrigen Säugethieren nur am Occipitaltheil der Fall ist. Am deutlichsten ist diese Richtung ausgeprägt nahe der Längsspalte; weiter nach aussen erreichen viele der quer und schräg gestellten Nebenfurchen oft die gleiche Tiefe, so dass der Verlauf der Hauptfurchen gestört wird und sich eine netzförmige Faltenbildung entwickelt (5 Fig. 37).

Einem gemeinsamen, von dem der übrigen Säugethiere abweichenden Entwicklungsgesetz folgt die Furchung des Primatengehirns. Bei ihm bleibt die Riechwindung, welche ganz auf einen Riechkolben reducirt ist, an der Basis des Gehirns verborgen. Die Bogenwindung tritt zwar an die Oberfläche hervor, aber dies geschieht nicht am Frontal- sondern am Occi-

pitaltheil des Gehirns (Fig. 37, 6 und 7 *b'*). Hier entsendet der gyrus fornicatus, während er um den Balkenwulst sich umschlägt, um in die Hakenwindung überzugehen, einen Ausläufer zur Oberfläche, der sich in zwei Läppchen, den sogenannten Zwickel und Vorzwickel (Cuneus und Praecuneus), spaltet (*Pr*, *Cn* Fig. 39). Dieser Ausläufer kommt inselförmig an der Oberfläche zum Vorschein, denn nach vorn und hinten ist er von andern Windungen umgeben, gegen welche Zwickel und Vorzwickel häufig durch quere Furchen begrenzt sind; ebenso sind dieselben von einander durch eine tiefe Querfurche, die senkrechte Hinterhauptsfurche, getrennt (O). Ein ähnlicher transversaler Verlauf der Falten waltet nun aber am ganzen

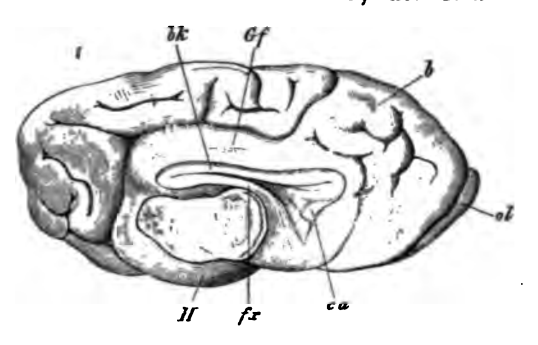


Fig. 38. Gehirn eines Hundes auf dem Medianschnitt. Linke Hemisphäre, *Gf* Bogenwindung. *b* Vorderer, zur Oberfläche tretender Theil derselben. *ol* Riechwindung. *H* Hakenwindung. *bk* Balken. *fx* Gewölbe. *ca* Vordere Commissur.

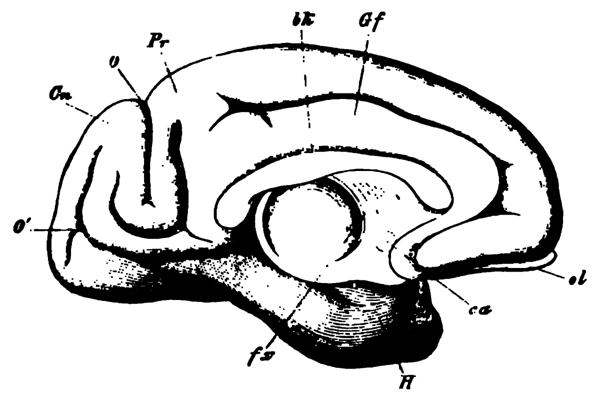


Fig. 39. Gehirn eines Affen Macacus auf dem Medianschnitt. Linke Hemisphäre. Nach GRATIOLET. *Gf*, *ol*, *H*, *bk*, *fx*, *ca* wie in der vorigen Fig. *Pr* Vorzwickel. *Cn* Zwickel. *O* Senkrechte Hinterhauptsfurche. *O'* Horizontale Hinterhauptsfurche.

Occipitaltheil des Gehirns vor, von der Stelle an, die dem Stiel der Sylvischen Spalte entspricht, bis zur Hinterhauptsgrenze. Nach vorn ist die Hauptfurche, welche in querer Richtung von oben nach unten verläuft, der ROLANDO'sche Spalt oder die Centralfurche (*R* Fig. 40): vor und hinter ihr bemerkt man am Gehirn des Menschen und der höheren Affen (Fig. 37, 7) eine Querfalte, die vordere und hintere Centralwindung (*VC*, *HC* Fig. 40); beide sind durch kürzere Querfurchen von ihrer Um-

gebung, jene von den Stirnwindungen, diese vom Vorzwickel, geschieden. Eine letzte tiefgehende Querfurche sieht man endlich an der hintern Grenze des Occipitalhirns: es ist die horizontale Occipitalfurche, welche zwischen dem Zwickel und den an die Hirnbasis herabtretenden Windungen sich einsenkt (O'). Im Ganzen bemerkt man demnach fünf mehr oder wenige tiefe Querfurchen an der Oberfläche des Occipitalhirns, von denen drei den Ausläufern der Bogenwindung und ihrer Umgrenzung angehören. Dagegen wird am Stirn- und Schläfetheil des Gehirns, also nach vorn vom aufsteigenden, nach unten vom horizontalen Ast der Sylvischen Spalte, der Verlauf der Furchen und Windungen im allgemeinen ein lon-

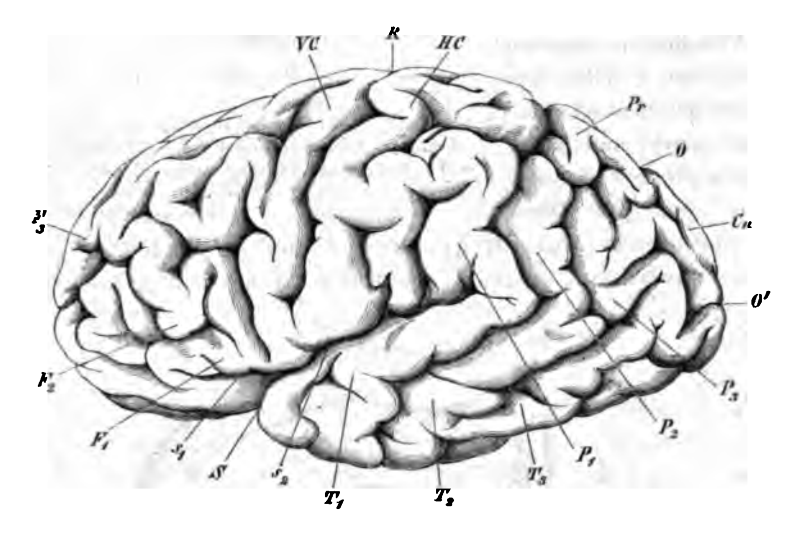


Fig. 40. Furchen und Windungen des menschlichen Gehirns. Linke Seitenansicht. S Sylvische Spalte. s_1 Vorderer, s_2 hinterer Schenkel derselben. F_1 Erste, F_2 zweite, F_3 dritte Stirnwindung. VC Vordere, HC hintere Centralwindung. R Rolando'sche Spalte oder Centralfurche. T_1 Erste, T_2 zweite, T_3 dritte Schläfenwindung. P_1 Erste, P_2 zweite, P_3 dritte Scheitelbogenwindung. Pr Vorzwickel. Cn Zwickel. O Senkrechte Hinterhauptsfurche. O' Horizontale Hinterhauptsfurche.

gitudinaler, wobei sie sich zugleich bogenförmig um den Stiel der Sylvischen Spalte krümmen. Sowohl am Frontal- wie am Temporaltheil des Gehirns kann man drei solche Längsfalten unterscheiden: sie bilden die drei Stirn- und die drei Schläfewindungen (F_1—F_3, T_1—T_3), welche sämmtlich auch noch an der Basis des Gehirns sichtbar sind (Fig. 23 S. 67). An der Uebergangsstelle des Occipitaltheils in den Temporaltheil nehmen die Falten eine Mittelstellung ein zwischen dem queren und longitudinalen Verlauf, so dass hier in den Scheitelbogenwindungen (P_1—P_3) ein allmäliger Uebergang aus der einen in die andere Richtung stattfindet; nicht so am Stirntheil, wo die drei Frontal-

windungen plötzlich durch die auf sie senkrechte vordere Centralwindung unterbrochen werden. Hiernach können wir am Primatengehirn wie am Gehirn der übrigen Säugethiere quere und longitudinale Falten unterscheiden. Aber die wesentliche Differenz besteht darin, dass bei den Primaten die queren Furchen am Occipitaltheil, die longitudinalen am Frontaltheil vorkommen, während bei den übrigen Säugethieren das umgekehrte der Fall ist. Der ähnliche Unterschied findet sich im Verlauf der Bogenwindung: diese tritt bei den Primaten am hintern, bei den übrigen Säugethieren am vordern Theil der Oberfläche zu Tage, was sich am deutlichsten zeigt, wenn man das Primatengehirn mit einem andern Säugethierhirn auf dem Medianschnitt vergleicht (Fig. 38 und 39). Diese Differenzen hängen wahrscheinlich mit dem abweichenden Wachsthumsgesetz beider Gehirnformen zusammen. Das Hirn der meisten Säugethiere wächst während seiner Entwicklung in seinem Occipitaltheil stark in die Breite, der Stirntheil bleibt schmal, es gewinnt daher meist eine nach vorn keilförmig verjüngte Form (vergl. die erste Reihe der Fig. 37). Beim Gehirn der Primaten dagegen überwiegt am Occipitaltheil das Längen-, am Frontaltheil das Breitenwachsthum: es nimmt so die Form eines Ovoides an, dessen Hälften vorn sich innig berühren, während sie hinten klaffend auseinandertreten und überdies durch geringere Höhe Raum lassen für das kleine Gehirn, das von ihnen bedeckt wird (Fig. 37, 6 u. 7, und Fig. 42).

Die Entwicklungsgeschichte lehrt, dass die Querfurchen am grossen Gehirn des Menschen und wahrscheinlich der Primaten überhaupt die ursprünglichen sind, indem sie bei jenem nach Ecker schon im fünften Monat des Embryonallebens auf der zuvor glatten Oberfläche sich auszubilden beginnen, während die ersten Spuren der Longitudinalfurchen erst im Laufe des siebenten Monats erscheinen[1]. Solcher queren, in Bezug auf die Sylvische Spalte annähernd radiären Furchen bemerkt man am fötalen Gehirn vier bis fünf. Die stärkste unter ihnen wird zur Centralfurche. Bei den Affen ist dieselbe weniger ausgebildet, dafür ist hier die weiter nach hinten gelegene senkrechte Occipitalfurche mehr entwickelt[2]. Die hinter dieser befindliche horizontale Occipitalfurche ist am menschlichen Gehirn fast nur auf dem Medianschnitt sichtbar (Fig. 29 u. 40 O'). Sie ist es, die durch ihre Vorragung im hintern Horn die Vogelklaue des Primatengehirns bildet (vk Fig. 30). Beim Menschen vereinigt sie sich mit der senkrechten Occipitalfurche unter spitzem Winkel, so

[1] Einige Querfurchen treten schon im 3ten Monat auf (sie sind in Fig. 16 S. 56 angedeutet), verschwinden aber gegen den Schluss des 4ten wieder, so dass die Gehirnoberfläche mit dem Anfang des 5ten Monats abermals vollkommen glatt ist. (Schmidt, Zeitschr. f. wissensch. Zool. Bd. 11 S. 54. Ecker, Arch. f. Anthropologie Bd. 3. S. 207 und Taf. I. Fig. 4). Bischoff hält übrigens die transitorischen Furchen des frühern Embryonallebens für Kunstproducte (Verhandl. der bayr. Akademie der Wissensch. Bd. 10 S. 446).

[2] Sie wird aus diesem Grunde zuweilen als Affenspalte bezeichnet.

dass hier der Zwickel ein keilförmig ausgeschnittener, von der Bogenwindung scheinbar getrennter Lappen ist (*C n* Fig. 29). Bei den Affen ist die horizontale Occipitalfurche weniger tief, der Zusammenhang des Zwickels mit der Bogenwindung wird daher unmittelbar sichtbar (Fig. 39). Während so in dem hinter der Centralfurche gelegenen Theil des Primatengehirns noch mehrere starke Querfurchen sich ausbilden, sind diese in der vorderen Hälfte weniger ausgeprägt[1]). Dagegen kommen die in der späteren Zeit der Embryonalentwicklung erscheinenden longitudinalen Furchen und Windungen gerade am Stirn- und Schläfetheil zur Ausbildung. Die an dem Gehirn aller Primaten zu unterscheidenden drei Longitudinalfalten bilden an Stirne und Schläfen einen unteren, mittleren und oberen Windungszug (Fig. 40). Aber diese Windungszüge bilden nicht, wie bei vielen andern Säugethieren, die Sylvische Spalte umkreisend zusammenhängende Windungsbogen, sondern die drei Stirnwindungen werden durch die vordere Centralwindung unterbrochen, von den drei Schläfewindungen verläuft sogar nur die oberste in einem starken den horizontalen Schenkel der Sylvischen Spalte umgreifenden Bogen bis zur hintern Centralwindung, die zweite und dritte werden durch die von den übrigen Radiärfurchen des Occipitalhirns umgrenzten Lappen, den Vorzwickel und Zwickel, in ihrem Lauf aufgehalten[2]). An der Basis des Gehirns hängt die untere Schläfenwindung vorn mit dem kolbenförmigen Ende des hippokampischen Lappens zusammen, hinten geht sie in den äusseren Schenkel eines U-förmig gekrümmten Windungszugs über, welcher die Basis des Occipitalhirns einnimmt, und dessen innerer Schenkel in den Stiel des hippokampischen Lappens einmündet (*O* Fig. 23)[3]). Der vordere Theil der Gehirnbasis wird von den nach unten umgeschlagenen drei Stirnwindungen eingenommen, von denen die mittlere und untere am Rand der Sylvischen Spalte in einander übergehen (F_1, F_2, Fig. 23).

Das Furchungsgesetz der Hirnoberfläche lässt sich, wie ich glaube, aus dem Wachsthumsgesetz des Gehirns ableiten, und die eigenthümlichen Verschiedenheiten in dem Verlauf der Grosshirnwindungen bei den Primaten und den übrigen Säugethieren werden daher aus Verschiedenheiten des Wachsthumsgesetzes verständlich. Soll nämlich eine Oberfläche durch Faltenbildung an

---

[1]) Das fötale Gehirn des Menschen zeigt in seinem Frontaltheil nur eine schwache Querfurche, welche wahrscheinlich in die vordere Begrenzungsfurche der vordern Centralwindung übergeht; am Affengehirn sind hier in der Regel zwei schwache radiäre Furchen sichtbar. PANSCH, Archiv f. Anthropologie Bd. III, S. 249, Taf. V. und VII.

[2]) Die Windungszüge, in welche so die drei Schläfewindungen auf der Oberfläche des Scheitelhirns sich fortsetzen, sind die vordere, mittlere und hintere Scheitelbogenwindung von BISCHOFF. Die hintere Scheitelbogenwindung (P_3 Fig. 40) spaltet sich gegen die Medianlinie hin in zwei Schenkel, deren einer, ihre directe Fortsetzung, in die Mitte des Zwickels übergeht, während der andere sich nach oben umbiegend eine kleine Windung zwischen Zwickel und Vorzwickel bildet, es ist die vierte Scheitelbogenwindung BISCHOFF's. Der Vorzwickel steht ausserdem durch zwei breite Verbindungszüge und der Zwickel durch einen schmalen mit dem gyrus fornicatus im Zusammenhang: diese drei Verbindungen sind, wie die Bogenwindung selbst, nur auf dem Medianschnitt sichtbar (Fig. 29). Im übrigen bemerkt man auf dem letztern nur solche Hauptwindungen, die auch an der Oberfläche gesehen werden, dagegen kommen einige Nebenwindungen vor: so ist namentlich die untere Stirnwindung (F_3) auf ihrer medianen Oberfläche durch eine Nebenfurche in zwei Abtheilungen geschieden; häufig kommen dazu am vordern Ende einige weitere Nebenfurchen, die aber nach kurzem Verlaufe aufhören.

[3]) Aeussere untere und innere untere Hinterhauptswindung BISCHOFF's, spindelförmiges und zungenförmiges Läppchen HUSCHKE's.

Ausdehnung zunehmen, so wird die Oberfläche nothwendig in derjenigen Richtung sich aufrollen, in welcher dies mit dem geringsten Widerstande geschehen kann. Ist die Oberfläche in transversaler Richtung stärker gespannt als in longitudinaler, so wird sie demnach in letzterer an Ausdehnung zunehmen, sie wird in transversale Falten gelegt oder um eine transversale Axe aufgerollt werden: umgekehrt muss sie, wenn die Spannung in longitudinaler Richtung stärker ist, sich longitudinal falten oder aufrollen. Kurz, die Axe der Aufrollung wird immer die nämliche Richtung wie die grösste Spannung der Oberfläche besitzen müssen. Findet die Faltung regelmässig in einer Richtung statt, so wird dies bedeuten, dass der Spannungsunterschied der Oberfläche während ihres Wachsthums ein constanter war; eine unregelmässige Faltung wird dagegen andeuten, dass die Richtung der grössten Spannung gewechselt hat. Eine leichte Betrachtung lehrt nun, dass, wenn irgend ein Gebilde nach verschiedenen Richtungen mit ungleicher Geschwindigkeit wächst, an der Oberfläche derselben Spannungen entstehen müssen, welche ebenfalls in verschiedenen Richtungen ungleich sind. Wir wollen der Einfachheit wegen voraussetzen, das wachsende Gebilde sei bloss eine Fläche, z. B. ein Kreis, der nach zwei zu einander senkrechten Richtungen x und y das Minimum und das Maximum seiner Wachsthumsenergie hat, während die letztere in den zwischenliegenden Richtungen stetig sich abstuft. Wir nehmen ferner an, der Kreis A würde, wenn er an allen Punkten seiner Peripherie völlig ungehindert seiner Wachsthumsenergie folgen könnte, in das Oval B übergehen. Es ist dann klar, dass der Kreis bei seinem Wachsthum sich dieser Figur nur wird annähern, sie aber nicht wird erreichen können, weil kein einziger Punkt des Kreises ungehindert sich bewegen kann, sondern jeder zugleich unter dem Einfluss der Spannungen ist, welche durch die Wachsthumsbewegung aller andern Punkte entstehen. So würde z. B. der Punkt m, wenn das ursprüngliche Wachsthumsbestreben nicht durch diese gegenseitigen Spannungen gehemmt würde, nach vollendetem Wachsthum bis nach n gelangt sein. Nun aber steht m mit andern Punkten a, α u. s. w. in Verbindung. Da a durch das Wachsthum gegen b hin wächst, so

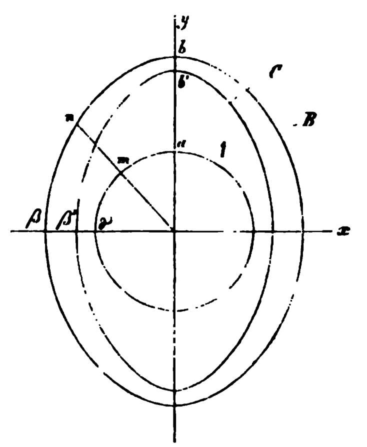


Fig. 41.

sucht es auch m in der nämlichen Richtung zu bewegen, ebenso zieht α gegen β hin. Indem nun die Wachsthumsenergie der bei a liegenden Punkte grösser ist als die der Punkte bei α, so muss m durch die Wirkung dieser benachbarten Punkte mehr in der Richtung der y-Axe als in derjenigen der x-Axe verschoben werden. Zugleich aber werden die so auf m ausgeübten Kräfte sich gegenseitig hemmen. Offenbar wird nun ein in der Richtung der kleinsten Wachsthumsenergie liegender Punkt α am meisten, ein in der Richtung der grössten Wachsthumsenergie gelegener Punkt a aber am wenigsten in seiner Bewegung gehemmt sein. Denn in Bezug auf jenen sind die an den übrigen Punkten der Kreisperipherie angebrachten Kräfte, welche auf ihn störend einwirken, sämmtlich grösser als seine eigene Wachsthumsenergie (α β). Bei

diesem übertrifft die eigene Wachsthumsenergie *a b* die aller andern Punkte. In Folge dieser Störungen wird somit der Kreis *A* in Wirklichkeit nicht in das Oval *B* übergehen, welches dem Wachsthumsbestreben seiner sämmtlichen Punkte, wenn man diese ungehemmt denkt, entspricht, sondern er wird etwa eine Form *C* annehmen, welche in der Richtung der x-Axe am meisten, in der Richtung der y-Axe, am wenigsten von *B* abweicht. Die Linien *a b*, *m n*, $\alpha\ \beta$ geben die Grösse der während des Wachsthums in jedem Punkt *a*, *m*, α wirksamen Kräfte an, und die Gesammtgrösse der bei dem Wachsthum aufgewendeten Kraft wird durch den Flächenraum zwischen der Kreisperipherie *A* und dem Umfang des Ovals *B* gemessen. Nun ist aber nicht diese ganze Kraft auf das wirkliche Wachsthum verwendet worden, sondern ein Theil derselben ist in Folge gegenseitiger Hemmungen in eine Spannung übergegangen, deren Gesammtgrösse durch den zwischen *B* und *C* liegenden Flächenraum gemessen wird, und die bei *b* der Linie $b\ b'$, bei β der Linie $\beta\ \beta'$ proportional ist. So ergibt sich denn, dass die Richtung der grössten Spannung auf der Richtung der grössten Wachsthumsenergie senkrecht steht. Selbstverständlich muss dieser Satz auch für das Wachsthum eines körperlichen Gebildes, wie einer Kugel, eines Ellipsoids u. s. w., gültig sein.

Die Furchung des kleinen Gehirns mit seinem einfachen Wachsthums- und Faltungsgesetz bestätigt alsbald das hier gewonnene Princip. Am kleinen Gehirn überwiegt bedeutend während seiner ganzen Entwicklung das Längenwachsthum. Seine grösste Oberflächenspannung muss daher in der transversalen Richtung stattfinden. Nun muss aber die Faltung in der Richtung der grössten Spannung erfolgen, und in der That ist das kleine Gehirn in transversaler Richtung gefurcht.

Nach dem gleichen Princip werden wir erwarten dürfen, dass auch am grossen Gehirn die Furchen jeweils in derjenigen Richtung verlaufen, in welcher für den betreffenden Theil des Gehirns das Wachsthum ein Minimum und demzufolge die Spannung der Oberfläche ein Maximum ist. Wenn demnach bei der Mehrzahl der Säugethiere die Falten an der hintern Abtheilung der Hirnoberfläche die longitudinale Richtung haben, so wird dies andeuten, dass in der Zeit, in welcher die Faltenbildung vor sich geht, die Wachsthumsenergie in querer Richtung die grösste war, während am Frontaltheil, wo die Falten eine quere Stellung annehmen, das Längenwachsthum am stärksten gewesen sein muss. Bei den Primaten fällt offenbar die Faltenbildung mit zwei verschiedenen Wachsthumsperioden des Gehirns zusammen, mit einer ersten, in welcher allgemein das Wachsthum in der Richtung von vorn nach hinten ein Maximum ist, und mit einer zweiten, in welcher am Stirn- und Temporaltheil des Gehirns die Wachsthumsenergie in den darauf senkrechten Richtungen überwiegt.

Da wir fast nur von den Wachsthumsverhältnissen des menschlichen Gehirns einigermassen zureichende Kenntnisse besitzen, so wollen wir zunächst untersuchen, ob für dieses zwei in dem angegebenen Sinne von einander verschiedene Perioden des Wachsthums sich unterscheiden lassen, und ob dieselben mit den beiden Perioden der Faltenbildung im allgemeinen zusammenfallen. Die Vergleichung embryonaler Gehirne aus verschiedenen Stadien der Entwicklung zeigt nun auf den ersten Blick, dass die Durchmesserverhältnisse des menschlichen Gehirns während der Ausbildung seiner Form sehr wesentliche Veränderungen erfahren (Fig. 42). Während der ersten Wochen der Entwicklung nähert sich das Gehirn im Ganzen noch der Kugelform, der longitudinale Durch-

messer ist vom grössten Querdurchmesser wenig verschieden. Dieser letztere liegt hinter der Sylvischen Spalte, welche, da sich der Schläfelappen noch nicht entwickelt hat, in dieser Zeit eigentlich noch eine Grube darstellt. Indem sich die Grube zur Spalte schliesst, rückt der grösste Querdurchmesser weiter nach vorn und fällt mit der Stelle zusammen, wo die Spalte vom Schläfelappen überwachsen wird. Während dieser ganzen Zeit überflügelt aber der Längsdurchmesser der Hemisphären immer mehr deren queren Durchmesser, so dass das Verhältniss beider, das noch im 3ten Monat 1 : 0,9 war, im Verlauf des 5ten und 6ten auf 1 : 0,7 herabsinkt. In diese Zeit fällt nun die Ausbildung

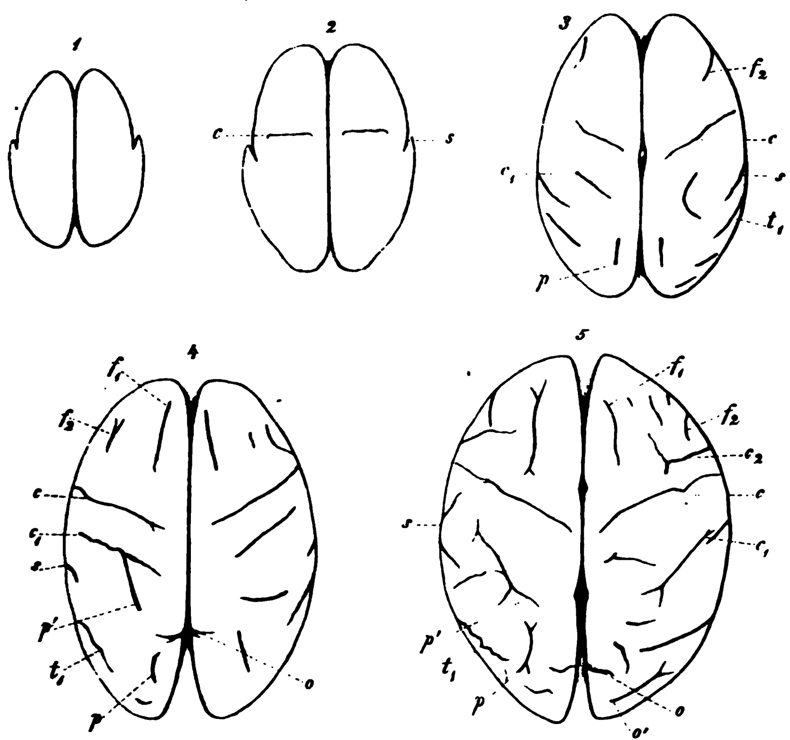


Fig. 42. Embryonale menschliche Gehirne aus verschiedenen Stadien der Entwicklung, in $^1/_2$ der nat. Grösse. Obere Ansicht. Nach A. Ecker. *1* Aus dem 4. Monat (16. Woche). *2* Aus dem 5. Monat (20. Woche). *3* Aus dem 6. Monat. *4* Aus dem 7. Monat. *5* Aus dem 8. Monat (32. Woche). *s* Sylvische Spalte. *c* Centralfurche. c_1 Postcentralfurche. c_2 Präcentralfurche. f_1 Obere Stirnfurche. f_2 Untere Stirnfurche. *p* Scheitelbogenfurche (Interparietalfurche). *p'* Vorderer, in c_1 übergehender Theil derselben. t_1 Obere Schläfenfurche. *o* Senkrechte Occipitalfurche. *o'* Horizontale Occipitalfurche.

der ersten bleibenden Furchen, welche sämmtlich Querfurchen sind, und zwar entstehen zuerst, im Laufe des 5ten Monats, die Centralfurche, die senkrechte und horizontale Hinterhauptsfurche[1]), wozu sich im Laufe des 6ten Monats die

[1]) Fissura occipitalis perpendicularis (parieto-occipitalis) und transversa (calcarina).

übrigen primären Radiärfurchen gesellen (Fig. 42, 2, 3)[1]. Vom Ende des sechsten Monats an beginnen sich nun die Wachsthumsverhältnisse des Gehirns zu verändern. Zwar bleibt die Totalform desselben, wie sie im Verhältniss des Längendurchmessers zum grössten Querdurchmesser sich ausspricht, im wesentlichen die nämliche, dagegen treten in dem Wachsthum der einzelnen Theile bedeutende Verschiedenheiten gegen früher hervor. Vergleicht man fötale Gehirne vom 6ten bis zum 7ten Monat, so fällt bei der Betrachtung von oben sogleich auf, dass, während der von der Centralfurche nach hinten sich erstreckende Theil in seinem Breite- und Längedurchmesser annähernd gleichförmig zunimmt, der Stirntheil des Gehirns mehr in die Breite als in die Länge wächst (4, 5). Eine ähnliche Veränderung erfährt der Schläfelappen. Die vordere Spitze desselben reicht schon beim 6monatlichen Fötus bis nahe an den nach unten umgeschlagenen Rand des Stirnlappens, aber er ist noch schmal, so dass die Sylvische Grube weit offen ist. In den folgenden Monaten erst schliesst sich dieselbe zur Spalte, indem der Schläfelappen vorzugsweise in die Höhe, verhältnissmässig weniger in die Länge wächst. Die hier angedeuteten Veränderungen der Wachsthumsverhältnisse treffen nun genau mit der Ausbildung des zweiten Faltensystems, der longitudinalen Furchen, zusammen. Da vorzugsweise das Frontalhirn in die Breite wächst, so müssen hauptsächlich die Stirnwindungen die longitudinale Richtung annehmen. Der Schläfelappen wächst am raschesten in die Höhe, auch hier müssen demnach die sich bildenden Falten von hinten nach vorn verlaufen, im Sinne des um die Sylvische Spalte gekrümmten Bogens. An beiden Theilen der Gehirnoberfläche nehmen nicht nur die neu sich bildenden Falten diese Richtung an, sondern auch einige anfänglich radiär verlaufende Furchen werden später longitudinal und bogenförmig gekrümmt. So nimmt die Centralfurche selbst eine schräge Stellung an (Figur 42, 2 und 3), die untere Stirn- und die obere Schläfenfurche sind im 6ten Monat als radiäre oder transversale Furchen angelegt, ordnen sich dann aber durch die Richtungsänderung, die sie erfahren, dem System der Longitudinalfurchen unter (f_2, t_1)[2]. Anders verhält es sich mit dem zwischen der Centralfurche und der Hinterhauptsspitze gelegenen Theil der Hirnoberfläche. Hier behalten im allgemeinen die transversalen Furchen ihre ursprüngliche Richtung, während sie an Tiefe und Ausdehnung zunehmen und nur gegen den Schläfelappen hin allmälig in die longitudinale Bahn übergehen[3]. Diesem Verhalten entsprechen nun aber auch vollständig die Wachsthumsverhältnisse der betreffenden Hirntheile, da sich dieselben, wie wir gesehen haben, nach allen Richtungen ungefähr gleichförmig vergrössern, so dass zu einer Veränderung in der ursprünglichen Richtung der Faltenbildung kein Grund vorliegt.

Die Analogie der Furchen und Windungen des Affengehirns mit denjenigen des menschlichen macht es kaum zweifelhaft, dass für dasselbe das nämliche Wachsthumsgesetz gültig ist. Doch fehlt uns bis jetzt das embryologische Material, um hierfür den Beweis zu führen. Sicher scheint nur zu sein, dass auch am Affengehirn die queren Faltungen die primären sind. Im allge-

---

[1]) Ecker, Archiv f. Anthropologie Bd. III S. 212.

[2]) Ecker a. a. O. S. 212.

[3]) Die einzige Furche, die eine Ausnahme hiervon macht, ist die Interparietalfurche (p), welche später die Scheitelbogenwindungen gegen den Zwickel und Vorzwickel begrenzt (vgl. Fig. 40).

meinen sind es sogar die nämlichen Furchen, die an den Gehirnen aller Primaten beobachtet werden, nur die Aufeinanderfolge ihrer Entstehung scheint zum Theil abzuweichen[1]). Manche der transversalen Furchen sind am Gehirn des Affen weniger tief, andere tiefer als an demjenigen des Menschen. Während z. B. die beim Menschen so stark ausgebildete Centralfurche bei allen Affen nur schwach entwickelt ist, ist bei ihnen der Occipitaltheil des Gehirns durch eine mächtige senkrechte Hinterhauptsfurche ausgezeichnet (Fig. 37, 6 u. 7). Alle Bogenfurchen sind beim Affen schwächer ausgebildet und von kürzerem Verlauf als beim Menschen, viele fehlen ihm ganz, und die nachträgliche Richtungsveränderung der transversalen Primärfurchen in longitudinale ist oft weniger deutlich, namentlich pflegt am Stirnlappen der radiäre Verlauf erhalten zu bleiben. Dies hat augenscheinlich darin seinen Grund, dass beim Affen das Breitenwachsthum des Stirnlappens lange nicht so bedeutend ist als beim Menschen, wie die Vergleichung der beiden Affengehirne in Fig. 37 mit den embryonalen menschlichen Gehirnen in Fig. 42 unmittelbar zeigt. Jene ausserordentliche Entwicklung des Stirnlappens in den letzten Monaten des Fötallebens ist durchaus für das menschliche Gehirn charakteristisch. Gerade an demjenigen Theil der Hirnoberfläche, an welchem sich beim Menschen vermöge seiner besonderen Wachsthumsbedingungen die stärksten Längsfurchen entwickeln müssen, fallen diese Bedingungen und damit auch die Folgen beim Affen hinweg; nur an seinem Schläfelappen, dessen Wachsthum verhältnissmässig ungefähr gleichen Schritt mit demjenigen des Menschen zu halten scheint, entstehen ziemlich starke Furchen von longitudinalem Verlauf. Uebrigens erklärt es sich aus diesen Verhältnissen, dass im Ganzen das Gehirn des Affen den ursprünglichen transversalen oder radiären Windungstypus des Primatengehirns deutlicher erkennen lässt als das Gehirn des Menschen.

Bei den übrigen Säugethieren fällt die Ausbildung der Windungen, wie es scheint, allgemein in eine ziemlich späte Zeit der Entwicklung. Betrachtet man nun bei diesen Thieren die Durchmesserverhältnisse des Gehirns im Ganzen, so überflügelt allerdings in der Regel der Längsdurchmesser sehr bedeutend den Querdurchmesser, in seiner Gesammtform wird das Gehirn verhältnissmässig länger und schmäler, wie z. B. die Vergleichung des Gehirns eines neugeborenen mit dem eines erwachsenen Hundes unmittelbar lehrt (Fig. 43 und 37, 1). Aber die nähere Betrachtung zeigt, dass dieses Wachsthum sich auf die einzelnen Theile des Gehirns in sehr verschiedener Weise vertheilt. Die relative Zunahme des Längsdurchmessers kommt ganz allein auf den vordersten Abschnitt, welcher die Riechwindung und den vordern Theil der Bogenwindung enthält: hier treten dann auch, entsprechend der bedeutenden Längenzunahme dieses Theils, einige transversale Falten auf. Nimmt man aber die hinter dem Lappen *b* (Fig. 38 und 37, 1—4), bei welchem

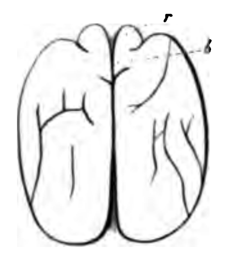


Fig. 43. Gehirn eines neugeborenen Hundes, nach PANSCH *r* Riechwindung. *b* Bogenwindung.

[1]) Nach GRATIOLET (anatomie comparée du système nerveux II, p. 253) erscheint bei den Affen die untere Schläfenfurche (scissure parallèle Gr.), die bei ihnen wie beim Menschen ursprünglich eine radiäre Richtung hat, am frühesten, der dann später erst die beim Menschen zuerst ausgebildeten Furchen, die Centralfurche und die Occipitalfurchen, nachfolgen.

das eigentliche Frontalhirn erst anfängt, gelegenen Theile, so wachsen diese für sich beträchtlich im Querdurchmesser, und zwar augenscheinlich im hinteren Theil mehr als im vordern, an welchem eine bedeutende Verjüngung des Gehirns eintritt. Dem entsprechend sieht man an allen Carnivorengehirnen die Längsfurchen gegen die Stirne hin divergiren und eine mehr transversale Richtung einschlagen. So dürfte sich denn auch hier der von der Entwicklung des menschlichen Gehirns abstrahirte Satz bestätigen, wonach jeder Gehirntheil seine Furchen und Windungen so bildet, dass die Axe, um welche sich die Falten der Oberfläche aufrollen, zur Richtung der grössten Wachsthumsenergie senkrecht ist.

Aus der Modellirung der Oberfläche lässt sich demnach in doppelter Hinsicht die Wachthumsgeschichte eines Gehirns herauslesen: erstens gibt dieselbe durch den Reichthum der Windungen Aufschluss über die Zunahme der Rinde im Verhältniss zu der in sie eintretenden Markstrahlung; sodann aber belehrt sie durch den Zug der Furchen über das relative Wachsthum der einzelnen Hirntheile während der Entwicklung. Es ist zu vermuthen, dass jene eigenthümliche Verschiedenheit zwischen den Primaten und den übrigen Säugethieren, vermöge deren die Windungen, welche man am Primatengehirn als Zwickel und Vorzwickel bezeichnet, bei den übrigen Säugethieren den vordersten Theil des Frontalhirns unmittelbar hinter der Riechwindung einnehmen, bei den Primaten hingegen weit zurück in den Occipitaltheil verlegt sind, mit den nämlichen Wachsthumsverschiedenheiten zusammenhängen. Ein aus der Tiefe zur Oberfläche strebender Hirntheil wird im allgemeinen da zum Vorschein kommen, wo für ihn Raum ist. Die Bogenwindung entwickelt sich also bei den meisten Säugethieren am Frontalhirn, weil die andern Windungen dieses Theils eine geringe Wachsthumsenergie besitzen; auch mag wegen des Faserzusammenhangs der Bogen- mit der Riechwindung, auf welche wir im nächsten Capitel zurückkommen, diese Lage bevorzugt, sie mag gewissermassen die natürliche sein. Bei den Primaten aber wird durch die starke Entwicklung der Frontalwindungen der vom gyrus fornicatus aufsteigende Windungszug nach hinten gedrängt, in das bei ihnen relativ weniger entwickelte Occipitalhirn. Bringt man daher die dem Bogenwulst zugehörigen Theile, da dieselben doch eine variable, von den Wachsthumsverhältnissen der übrigen Hirntheile abhängige Lage besitzen, in Abrechnung, so wird der Unterschied in der Ausbildung des Frontal- und Occipitalhirns zwischen Primaten und anderen Säugethieren noch erheblich gesteigert[1]).

Bei der complicirten Beschaffenheit der Windungen des menschlichen Gehirns ist es erklärlich, dass die früheren Anatomen meistens eine bestimmte Regel an denselben vermissten, und dass nur einzelne besonders auffallende

---

[1]) Ich lasse hier einige Zahlenangaben folgen, welche die oben angegebenen Wachsthumsverhältnisse sowohl für das kleine wie für das grosse Gehirn veranschaulichen. Leider standen mir zu meinen Messungen nur Weingeistpräparate zu Gebote, die bekanntlich verglichen mit dem frischen Object stets Formveränderungen zeigen. Doch sind die durch das Wachsthum bedingten Formunterschiede so bedeutend, dass die Resultate hierdurch nicht erheblich getrübt werden können. Beim grossen Gehirn ziehe ich es aber aus diesem Grunde vor diejenigen Zahlen mitzutheilen, welche die Messung an den von A. Ecker gegebenen Abbildungen frischer embryonaler Gehirne

Furchen und Windungen, wie der ROLANDO'sche Spalt, der gyrus fornicatus und hippocampi, schon länger als constante Bildungen unterschieden wurden. Erst die verhältnissmässig einfacheren Formverhältnisse bei den übrigen Säugethieren sowie die Entwicklung der Furchenbildung beim Embryo führten allmälig zur Erkenntniss ihrer Gesetzmässigkeit. Bei den Säugethieren mit Ausnahme des Menschen beschrieb zuerst LEURET genauer die Formverhältnisse der Hirnoberfläche[1]. Er erkannte, dass bei allen Säugethieren, deren Gehirn überhaupt Windungen zeigt, diese im allgemeinen bogenförmig um die Sylvische Spalte verlaufen, er unterschied Gehirne mit zwei, drei und vier solchen Windungszügen, unter denen der gyrus fornicatus und die Riechwindung (LEURET's gyrus supraorbitalis) nicht mitgezählt waren. HUSCHKE, der jene Windungen der Hirnoberfläche als Urwindungen bezeichnete, dehnte die gleiche Betrachtung auch auf den Menschen aus, indem er bei ihm, wie es LEURET schon bei den Affen

ergab. Uebrigens stimmen auch meine an Weingeistpräparaten erhaltenen Zahlen in den wesentlichen Ergebnissen damit überein.

I. Kleines Gehirn.

Zeit der Entwicklung.	Länge des Cerebellum.	Breite des Cerebellum.	Verhältniss.
3. Monat (9.—10. Woche) . .	2	10	1 : 5
4. ,, ...	4	14	1 : 3,5
5. ,, (17.—18. Woche) . .	6	15	1 . 2,5
(Beginn der Furchung.)			
7. Monat (28. Woche) . . .	13	29	1 : 2,2
7. ,, (29. Woche) . . .	20	31,5	1 : 1,5
7. ,, (30. Woche) . . .	24	32,5	1 : 1,3
9. ,, (Neugeborener) . . .	39	47,5	1 : 1,2

II. Grosses Gehirn.

Die folgenden Maasse entnehme ich den Abbildungen von ECKER (Archiv f. Anthropologie Bd. III, Taf. I—IV). L bezeichnet den Längsdurchmesser, Q den grössten Querdurchmesser beider Hemisphären. Wir denken uns die Oberfläche dieser durch eine mit der ursprünglichen Richtung der ROLANDO'schen Furche zusammenfallende (also am äussern Ende derselben beginnende, Linie in einen Stirn- und Occipitaltheil getrennt: ls, qs bezeichnen den Längs- und grössten Querdurchmesser des Stirn-, lo, qo des Occipitaltheils.

	L	Q	L/Q	ls	qs	ls/qs	lo	qo	lo/qo
1. 3ter Monat	27	24	1,1	12	19	0,63	15	24	0,62
2. 4ter Monat	45	36	1,2	18	30	0,60	29	36	0,77
3. 5ter Monat	60	46	1,3	23	40	0,57	38	46	0,82
4. 6ter Monat	75	57	1,3	29	51	0,56	47	57	0,82
5. 7ter Monat	83	63	1,3	32	57,5	0,55	51	63	0,80
6. 8ter Monat	88	69	1,2	34	65	0,53	54	69	0,78
7. 9ter Monat	94	75	1,2	38	69	0,55	60	74	0,81

Die Zahlen dieser Tabelle lehren, dass bis in die Mitte des Embryonallebens die Langenzunahme der ganzen Hemisphären im Verhältniss zu ihrer Breitezunahme (L/Q) wachst und von da an wieder abnimmt: die erste Periode entspricht der Bildung der Transversalfurchen, die zweite derjenigen der Longitudinalfurchen. Diese Veränderung vertheilt sich aber verschieden auf den Frontal- und Occipitaltheil: an jenem nimmt der Breitendurchmesser im Verhältniss zum Längsdurchmesser fortwährend zu (ls/qs), bei diesem vergrössert sich bis zur Mitte des Embryonallebens umgekehrt der Längsim Verhältniss zum Querdurchmesser (lo/qo), worauf dann ein annähernd gleichmässiges Wachsthum erfolgt.

[1] LEURET et GRATIOLET, anatomie comparée du système nerveux, t. 1, p. 369.

gethan hatte, drei Urwindungszüge unterschied; die Querwülste hielt er für secundäre, welche aus Theilungen und Schlängelungen der ursprünglichen Längswindungen hervorgingen[1]). Gleichzeitig stellte Gratiolet die vollständige Analogie der Furchen und Windungen des Affen- und Menschengehirns fest und beschrieb dieselben genauer, als es bisher geschehen war[2]). Der Weg der Entwicklungsgeschichte wurde erst später eingeschlagen. Hier haben namentlich Reichert[3]), Bischoff[4]), Ecker[5]) und Pansch[6]) die zeitliche Entstehung der Hauptfurchen festgestellt. Schon Reichert[7]) wies darauf hin, dass die zuerst auftretenden Furchen des fötalen Gehirns radiär um die Sylvische Spalte gestellt seien. Bischoff und Pansch bestätigten dies, und der letztere zeigte zugleich die völlig analoge Anordnung der typischen Furchen des Affengehirns[8]). Auf diese Weise hat sich ein gewisser Widerspruch zwischen dem auf die vergleichende Anatomie und dem auf die Entwicklungsgeschichte gegründeten Bildungsgesetz der Hirnfurchen herausgestellt. Die vergleichende Anatomie schien das System der longitudinalen Furchen und Windungen als gemeinsam allen Säugethieren darzuthun, welches auch noch am Gehirn der Primaten, wenngleich gestört durch anders verlaufende Windungszüge, erkennbar sei. Nach der Entwicklungsgeschichte dagegen schien am Primatengehirn ein System radiärer Furchen und Windungen das primäre zu sein. Dieser Widerspruch findet seine Lösung einerseits darin, dass Leuret und Huschke die transversale Anordnung der Falten am vordern Theil des Säugethiergehirns nicht berücksichtigen, anderseits aber darin, dass am Gehirn der Primaten die zwei Systeme von Faltungen successiv sich ausbilden, zuerst das transversale oder radiäre, dann das longitudinale oder bogenförmige, wie ich dies oben darzustellen versuchte.

In unmittelbarem Zusammenhang mit der Bildungsgeschichte der Hirnfaltungen steht die Frage nach den Ursachen derselben. Auch auf sie hat man bis jetzt keine befriedigende Antwort zu geben vermocht. Mit Recht hat schon Reichert[9]) die Ansicht, dass die Hirnwindungen in Folge einer gehemmten Ausdehnung der Hirnoberfläche durch die Schädelkapsel entständen, zurückgewiesen. Jene sind der unmittelbare Ausdruck des ungleichen Wachsthums der centralen und peripherischen Theile des Stabkranzes samt Rinde und müssten daher ganz in derselben Weise entstehen, wenn das Gehirn gar nicht von der Schädelkapsel umschlossen wäre. Ist hierin für die Faltenbildung im allgemeinen ein zureichender Grund gegeben, so sind aber damit noch nicht die Ursachen für den besonderen Verlauf der Furchen und Windungen nachgewiesen. Offenbar kann man auch hier nicht etwa annehmen, dass die Schädelkapsel, indem sie nach verschiedenen Richtungen dem wachsenden Gehirn einen verschiedenen Widerstand entgegensetze, die Richtung der Furchen bestimme. Dieses Moment kann direct nur auf die Form der ganzen Gehirnmasse, nicht auf die Faltenbildung von Einfluss sein; denn wäre die Unausdehnsamkeit des Schädels im

---

1) Huschke, Schädel, Hirn und Seele. Jena 1854 S. 134 f.

2) Gratiolet, mémoire sur les plis cérébraux de l'homme et des primates. Paris 1854. Leuret et Gratiolet, anatomie comparée etc. t. II, p. 110.

3) Der Bau des menschlichen Gehirns. Leipzig 1859 u. 61.

4) Abhandl. der bair. Akademie. Bd. 10, S. 445.

5) Archiv f. Anthropologie. Bd. III, S. 203.

6) Ebend. S. 227.

7) a. a. O. Abth. II, S. 83, Abth. I, Taf. XI u. XII.

8) a. a. O. Taf. V u. VII.

9) a. a. O. S. 33.

Stande die Faltenbildung nach irgend einer Richtung zu verhindern oder zu erschweren, so müsste auch umgekehrt die Faltenbildung den noch ausdehnbaren Schädel verändern können. Das letztere ist natürlich nicht der Fall. Die Richtung der Faltenbildung ist nur abhängig von der Wachsthumsspannung der Gehirnoberfläche. Indirect können darum allerdings die von der Schädelkapsel herrührenden Einflüsse auf das Wachsthum des Gehirns auch die Richtung der Faltenbildung modificiren. So müssen z. B. bei einem Stirnnahtschädel, bei welchem der Stirnlappen mehr als gewöhnlich in die Breite wächst, auch die Bogenfurchen noch entschiedener die longitudinale Richtung einhalten als gewöhnlich. Dasselbe ist der Fall beim Gehirn der Cetaceen, deren Schädel und Gehirn während der Periode der Faltenbildung sehr bedeutend in die Breite wächst. Eine offenbare Verwechselung von Grund und Folge ist es, wenn Reichert vermuthet, dass die Richtung der Furchen von den Verästelungen der Hirnarterien abhängig sei[1]. Die Gefässe wuchern hier wie überall in die Lücken hinein, welche sich ihnen durch die Modellirung der Oberfläche eröffnen.

Viertes Capitel.

Verlauf der nervösen Leitungsbahnen.

Die Betrachtung der Bauelemente des Nervensystems hat bereits der Vorstellung Raum gegeben, dass Gehirn und Rückenmark samt den aus ihnen entspringenden Nerven ein System leitender Fasern bilden, die in den Centralorganen durch zahlreiche Knotenpunkte, die Ganglienzellen, in Verbindung gesetzt sind, während sie in der Peripherie des Körpers in von einander getrennte Bezirke ausstrahlen. Auch die äusseren Formverhältnisse der Centralorgane scheinen diese Vorstellung zu unterstützen. Denn sie lehrten uns eine Reihe von Formationen grauer Substanz kennen, welche die von den äussern Organen herankommenden Fasern sammeln und ihre Verbindung mit höher gelegenen grauen Anhäufungen vermitteln, bis endlich die zuerst in den Rückenmarkssträngen, dann in den Hirnschenkeln und schliesslich im Stabkranz nach oben strebenden Leitungsbahnen in die Hirnrinde eintreten; hier aber weisen die Commissuren auf einen Zusammenhang der Rindenelemente beider Hirnhälften hin. Es erhebt sich jetzt die Frage, ob dies im allgemeinen gewonnene Structurbild auch im ein-

[1] a. a. O. S. 89.

zelnen sich bestätige, und wie der Verlauf der verschiedenen nervösen Leitungswege beschaffen sei.

Die in den Nervenfasern geleiteten Vorgänge bezeichnet man, weil ihre greifbarsten Ursachen äussere Reize sind, allgemein als Reizungen oder Erregungen. In solchen Fällen, wo diese Vorgänge ihren nächsten Ursprung nicht ausserhalb, sondern in den Zuständen der nervösen Theile selber zu haben scheinen, pflegt man dann eine innere Reizung der letzteren anzunehmen. Als Zeichen der Erregung wird am häufigsten die Empfindung oder die Muskelbewegung benützt; doch sind dies keineswegs die einzigen Effecte äusserer oder innerer Reize. Die Erregung kann in der Form irgend eines andern physiologischen Processes, z. B. als Drüsensecretion, als Wärmesteigerung, sich äussern, unter Umständen vermag sie sogar auf andere Reizungsvorgänge hemmend einzuwirken: in allen diesen Fällen nennen wir trotzdem den Vorgang eine Reizung oder Erregung. Geleitet wird diese Auffassung durch das physiologische Princip, dass die Vorgänge in der Nervenfaser von gleicher Beschaffenheit sind, welchen Enderfolg die Reizung auch haben möge[1].

Nach der Richtung, in welcher die Reizungvorgänge übertragen werden, unterscheiden wir die Leitungsbahnen als centripetale und centrifugale. Bei den ersteren beginnt die Reizung an irgend einer Stelle der Peripherie des Körpers und nimmt die Richtung nach dem Centralorgan. Bei den letzteren geht sie vom Centralorgan aus und ist nach peripherischen Theilen gerichtet. Die physiologischen Effecte der centripetal geleiteten Reizung sind, sobald sie zum Bewusstsein gelangen, Empfindungen. Häufig tritt zwar dieser Enderfolg nicht ein, sondern die Erregung reflectirt sich, ohne auf das Bewusstsein zu wirken, in einer Bewegung. Doch werden auch in diesem Fall, wenigstens theilweise, die nämlichen Leitungswege in Anspruch genommen, die den bewussten Empfindungen dienen. Wir bezeichnen daher die centripetalen Leitungsbahnen allgemein als die sensorischen. Von mannigfaltigerer Art sind die physiologischen Resultate der centrifugal geleiteten Reizungen: diese können sich in Bewegungen quergestreifter und glatter Muskeln, in Drüsensecretionen, in parenchymatösen Absonderungen und in den von letzteren abhängigen Ernährungs- und Wachsthumsvorgängen äussern. In der nachfolgenden Darstellung werden wir jedoch nur die Bewegungsleitung oder die motorischen Bahnen berücksichtigen, da diese den wichtigsten und für psychologische Erfolge fast allein in Betracht kommenden Antheil der centrifugalen Leitung darstellen. Jene Reizungsvorgänge, welche die nutritiven Processe beeinflussen, setzen überdies einer genaueren Untersuchung ihrer Leitungsverhältnisse ungleich

[1] Näheres über dieses Princip vergl. am Schluss des fünften Capitels.

grössere Schwierigkeiten entgegen. So weit sie bis jetzt erforscht sind scheinen die betreffenden Wege den motorischen Bahnen der entsprechenden Körperprovinzen sich anzuschliessen.

Die Leitung der Erregungen geschieht auf die einfachste Weise, so lange sie durch den ununterbrochenen Zusammenhang der Nervenfasern vermittelt wird. Sie gestaltet sich verwickelter, wenn der Verlauf der letzteren durch graue Substanz unterbrochen ist. Hierbei können nicht nur Verzweigungen und Richtungsänderungen der Leitungswege stattfinden, sondern es kann auch, wie die Erfahrung lehrt, in Folge der Zwischenschiebung von Nervenzellen der Enderfolg des Reizungsvorgangs wesentlich verändert werden, sei es dadurch dass die Zelle Leitungsbahnen, die mit verschiedenartigen Endgebieten zusammenhängen, mit einander verbindet, sei es dadurch dass in ihr selbst der Vorgang modificirt wird. Endlich wird da, wo durch Einschaltung grauer Substanz eine Leitungsbahn sich in mehrere Zweige trennt, stets die Frage gestellt werden können, auf welchem Weg die Erregung am häufigsten, etwa schon bei mässiger Intensität des Reizes, sich fortpflanzt, und welche Wege die selteneren sind, die vielleicht nur bei starken Reizen oder bei ungewöhnlicher Beschaffenheit der Reizbarkeit eingeschlagen werden. Kurz, in allen solchen Fällen wird die Hauptbahn von den Neben- und Zweigbahnen zu unterscheiden sein.

Bei dieser ganzen Untersuchung stützt man sich auf ein Princip, ohne welches dieselbe überhaupt nicht geführt werden könnte, auf das Princip nämlich, dass innerhalb jeder Leitungsbahn der Reizungsvorgang isolirt bleibt, nicht auf benachbarte Bahnen überspringt. Die Richtigkeit dieses Princips, welches als das Gesetz der isolirten Leitung bezeichnet wird, erhellt aus der Thatsache, dass die Erregungsvorgänge im allgemeinen, bei normaler Beschaffenheit der Reizbarkeit und nicht zu hoher Intensität der Reize, örtlich beschränkt bleiben. Ein genau localisirter äusserer Eindruck auf eine Sinnesoberfläche erzeugt eine scharf begrenzte Empfindung, ein auf eine bestimmte Bewegung gerichteter Willensimpuls bringt eine umschriebene Muskelzusammenziehung hervor, u. s. w. Mehr freilich als eine in der Regel stattfindende Sonderung der Vorgänge in den Hauptbahnen beweisen diese Thatsachen nicht, eine strenge Isolirung der Reizung innerhalb jeder Primitivfibrille ist nicht einmal während des peripherischen und noch weniger während des centralen Verlaufs derselben wahrscheinlich. In Bezug auf die Nervenfaser haben wir dies schon früher hervorgehoben[1]. Die Nervenzelle aber erscheint durch die vielen Fortsätze, die sie entsendet, so sehr als ein Organ, welches Leitungswege vereinigt oder zerstreut, dass man aus anatomischen Gründen geneigt sein möchte, noch viel aus-

---

[1] Siehe S. 38, 41.

zelnen sich bestätige, und wie der Verlauf der
Leitungswege beschaffen sei.

Die in den Nervenfasern geleiteten Vorgänge
greifbarsten Ursachen äussere Reize sind, allgemein
Erregungen. In solchen Fällen, wo diese Vorgän
sprung nicht ausserhalb, sondern in den Zuständen
selber zu haben scheinen, pflegt man dann eine
teren anzunehmen. Als Zeichen der Erregung
Empfindung oder die Muskelbewegung benützt; doch
die einzigen Effecte äusserer oder innerer Reize
der Form irgend eines andern physiologischen Proc
secretion, als Wärmesteigerung, sich äussern, unte
sogar auf andere Reizungsvorgänge hemmend einzu
Fällen nennen wir trotzdem den Vorgang eine
Geleitet wird diese Auffassung durch das physiolo
Vorgänge in der Nervenfaser von gleicher Beschaffen
erfolg die Reizung auch haben möge[1]).

Nach der Richtung, in welcher die Reizungsvor
den, unterscheiden wir die Leitungsbahnen als
fugale. Bei den ersteren beginnt die Reizung
Peripherie des Körpers und nimmt die Richtung
Bei den letzteren geht sie vom Centralorgan
schen Theilen gerichtet. Die physiologischen
teten Reizung sind, sobald sie zum Bewusstsein
Häufig tritt zwar dieser Enderfolg nicht ein,
tirt sich, ohne auf das Bewusstsein zu wirken
werden auch in diesem Fall, wenigstens theil
wege in Anspruch genommen, die den
Wir bezeichnen daher die centripetalen
sensorischen. Von mannigfaltigerer
sultate der centrifugal geleiteten Reizu
gungen quergestreifter und glatter Mu
chymatösen Absonderungen und in de
und Wachsthumsvorgängen äussern
wir jedoch nur die Bewegungs
rücksichtigen, da diese
allein in Betracht

…ng eintretender Störungen Schlüsse
…nnung peripherischer oder centraler
…ngere Zeit besteht, eine eigenthüm-
…der Fasern im Gefolge, dessen Zu-
…erden grauer Substanz aufgehoben ist.
…wund des Axencylinders, körnigem
…me der Bindegewebselemente, also des
…n Grundsubstanz der Centralorgane.
Fettkörnchen erfüllte Zellen, so genannte
wahrscheinlich veränderte Bindegewebs-
…enmarksnerven liegen jene Central-
…tologischen Eigenschaften gebunden
… Durchschneidung der Nerven be-
…schen Theils der Fasern, während
…dem Centralorgane verlaufende Theil
… sympathischen Nervenfasern scheint
…ungscentren zuzukommen. Uebrigens
…rauer Substanz die mit ihr zusammen-
…ation. Vielmehr kann, wie namentlich
… auch nach der Trennung einer cen-
…r Trennungsstelle die Veränderung ein-
…eiben, obgleich die Faser auf beiden
… Zusammenhang steht. Jede Faser scheint
…peripherischen oder centralen Verlaufs haupt-
…ungspunkte her Einflüsse zu empfangen, von
…wol abhängt. Wahrscheinlich ist dies immer der-
…Erhaltung vorzugsweise die Function der Faser
…That ist auch die Veränderung durchschnittener
…änderungen analog, welche alle ausser Function
…den *). Für eine Nervenbahn, welche von ihren

…r. der Wiener Akad. VI, S. 288. Simon, Archiv f. Psychiatrie

…, dessen Function ruht, wird nämlich das schwindende Gewebe …substanz ersetzt. Uebrigens gibt es eine Beobachtung, welche … die Degeneration der Nervenfasern auf der Trennung von ihrem …uhe, in Widerspruch steht: nach der Durchschneidung einer sen-…el soll nämlich nur das mit dem Centralorgane, nicht das mit dem …hängende Stück sich verändern. Da aber alle andern Thatsachen, … die unten zu erwähnenden Veränderungen der Rückenmarksstränge …selben, mit dem Satze im Einklang stehen, dass der histologische ihre Function geknüpft ist, so tragen wir vorläufig, ehe wieder-…, Bedenken, grade bei den Nerven eine Ausnahme zu statuiren …gliöse Ernährungscentren anzunehmen, die von den functionellen …tren.

gedehntere Uebertragungen der centralen Reizungsvorgänge anzunehmen, als solche durch die physiologische Beobachtung bestätigt werden.

Zur Nachweisung der nervösen Leitungswege können wir sowohl den Weg der anatomischen wie denjenigen der physiologischen Untersuchung einschlagen. Entscheidende Ergebnisse wird zwar nur die letztere geben, da der Begriff der Leitung ein physiologischer ist. Aber nachdem als Bedingung derselben die Continuität der Nervenfaser, sowohl die unmittelbare als die durch Ganglienzellen vermittelte, nachgewiesen ist, wird man nicht nur bestrebt sein überall, wo das physiologische Experiment die Existenz einer Leitungsbahn dargethan hat, dieselbe auch anatomisch wiederzufinden, sondern es wird überdies in solchen Fällen, in denen die Physiologie noch nicht im Stande war, einen Leitungsweg genauer zu verfolgen, die Anatomie von sich aus versuchen dürfen durch Erforschung der erforderlichen Faserzusammenhänge denselben zu entdecken. In der That steht gegenwärtig die Sache so, dass im Gebiete des peripherischen Nervensystems und bei der niedersten Abtheilung der Centralorgane, beim Rückenmark, die Nachweisung der Leitungsbahnen ausschliesslich durch das physiologische Experiment geschieht, während dieses von den weiteren Wegen, welche die Reizungsvorgänge innerhalb des Gehirns nehmen, höchstens einige rohe Umrisse oder einzelne Punkte auffinden kann, alles nähere aber der Aufhellung der anatomischen Structur anheimgeben muss. Dies hat seinen begreiflichen Grund in der Schwierigkeit, die mit einander zusammenhängenden und zum Theil verborgenen Gebilde des Gehirns isolirt dem Experiment zugänglich zu machen.

Die physiologische Erforschung der Leitungswege bedient sich fast überall der willkürlichen Herbeiführung von Leitungsstörungen durch Unterbrechung der Bahnen an einer bestimmten Stelle ihres Verlaufs. Sobald eine Continuitätstrennung von einer motorischen oder sensorischen Lähmung gefolgt ist, wird geschlossen, dass die Trennungsstelle im Bereich derjenigen Bahn liegt, welche den Muskeln oder der empfindenden Fläche, deren Function aufgehoben ist, entspricht. Durch Reizungsversuche können nur die peripherischen Bahnen mit einiger Sicherheit ermittelt werden, indem man aus den Muskelzuckungen oder aus dem Ort der peripherisch localisirten Empfindungen auf das Verbreitungsgebiet der Nerven, welche gereizt worden sind, schliesst. Innerhalb der Centralorgane dagegen lassen sich auf diese Weise theils wegen der unten zu erwähnenden veränderten Reizbarkeit der centralen Substanz, theils wegen der unbestimmteren Ausbreitung der Erregungen keine zuverlässigen Aufschlüsse mehr gewinnen. Zuweilen gestatten die Continuitätstrennungen auch noch auf einem andern

Wege als dem der directen Beobachtung eintretender Störungen Schlüsse über den Verlauf der Bahnen. Die Trennung peripherischer oder centraler Nervenfasern hat nämlich, wenn sie längere Zeit besteht, eine eigenthümliche Veränderung desjenigen Theils der Fasern im Gefolge, dessen Zusammenhang mit bestimmten Centralheerden grauer Substanz aufgehoben ist. Diese Veränderung besteht in Schwund des Axencylinders, körnigem Zerfall der Markscheide und Zunahme der Bindegewebselemente, also des Neurilemmas oder der bindewebigen Grundsubstanz der Centralorgane. Zugleich treten in der letzteren mit Fettkörnchen erfüllte Zellen, so genannte Körnchenzellen, auf; sie sind wahrscheinlich veränderte Bindegewebskörper der Neuroglia [1]). Für die Hirnrückenmarksnerven liegen jene Centralheerde, an welche die Erhaltung ihrer histologischen Eigenschaften gebunden ist, innerhalb des Cerebrospinalorgans. Durchschneidung der Nerven bewirkt daher Degeneration des peripherischen Theils der Fasern, während der von der Trennungsstelle aus nach dem Centralorgane verlaufende Theil unverändert bleibt. Für die meisten sympathischen Nervenfasern scheint den Ganglien die Rolle solcher Erhaltungscentren zuzukommen. Uebrigens bewahrt keineswegs jede Anhäufung grauer Substanz die mit ihr zusammenhängenden Nervenfasern vor Degeneration. Vielmehr kann, wie namentlich das Beispiel des Rückenmarks zeigt, auch nach der Trennung einer centralen Faser auf der einen Seite der Trennungsstelle die Veränderung eintreten, auf der andern aber ausbleiben, obgleich die Faser auf beiden Seiten mit grauer Substanz im Zusammenhang steht. Jede Faser scheint also an jeder Stelle ihres peripherischen oder centralen Verlaufs hauptsächlich von einem Endigungspunkte her Einflüsse zu empfangen, von welchen ihr normaler Bestand abhängt. Wahrscheinlich ist dies immer derjenige Punkt, an dessen Erhaltung vorzugsweise die Function der Faser gebunden ist. In der That ist auch die Veränderung durchschnittener Nerven völlig jenen Veränderungen analog, welche alle ausser Function gesetzten Organe erleiden [2]). Für eine Nervenbahn, welche von ihren

---

[1] Türck, Sitzungsber. der Wiener Akad. VI, S. 288. Simon, Archiv f. Psychiatrie II, S. 349.

[2] In jedem Organ, dessen Function ruht, wird nämlich das schwindende Gewebe allmälig durch Bindesubstanz ersetzt. Uebrigens gibt es eine Beobachtung, welche mit der Annahme, dass die Degeneration der Nervenfasern auf der Trennung von ihrem Functionscentrum beruhe, in Widerspruch steht: nach der Durchschneidung einer sensibeln Nervenwurzel soll nämlich nur das mit dem Centralorgane, nicht das mit dem Ganglion zusammenhängende Stück sich verändern. Da aber alle andern Thatsachen, insbesondere auch die unten zu erwähnenden Veränderungen der Rückenmarksstränge nach Trennungen derselben, mit dem Satze im Einklang stehen, dass der histologische Bestand der Organe an ihre Function geknüpft ist, so tragen wir vorläufig, ehe wiederholte Bestätigung vorliegt, Bedenken, grade bei den Nerven eine Ausnahme zu statuiren und für sie besondere gangliöse Ernährungscentren anzunehmen, die von den functionellen Centren verschieden wären.

Functionsheerden getrennt ist, kann nun augenscheinlich das Symptom der Degeneration mitbenutzt werden, um ihren Verlauf zu bestimmen; doch sind auf diesem Wege bis jetzt nur geringe Aufschlüsse gewonnen worden.

Der Gedanke liegt nahe, die Erforschung der nervösen Leitungsbahnen bei einem Endpunkte derselben anzufangen und von da zum andern Ende zu schreiten, indem man diejenige Richtung einhält, welche die geleiteten Vorgänge selber nehmen. Von diesen beginnen nun, wie oben bemerkt wurde, die einen in den peripherischen Organen und verlaufen centripetal zum Gehirn, die andern gehen vom Centralorgane aus und eilen centrifugal nach der Peripherie des Körpers. Aber es würde offenbar unzweckmässig sein, dergestalt entgegengesetzte Ausgangspunkte für die verschiedenen Leitungswege zu benützen, da diese doch an verschiedenen Stellen ihres Verlaufs in Beziehung zu einander stehen. So scheint es denn angemessen hier überhaupt nicht ein physiologisches sondern ein anatomisches Princip in den Vordergrund zu stellen und die Verfolgung der Bahnen bei demjenigen Punkte ihres Verlaufs zu beginnen, wo dieselben am einfachsten angeordnet sind. Dieser fest bestimmte Punkt ist aber derjenige, wo die Nerven unmittelbar in der Form der so genannten Nervenwurzeln aus den Centralorganen hervortreten. Von da aus wollen wir die Leitungswege zuerst in die Peripherie des Körpers, dann in die Centralorgane hinein verfolgen. Ausser der Einfachheit der Betrachtung kann für den hier gewählten Gang noch der weitere Grund angeführt werden, dass auch historisch die Nachweisung der Nervenbahnen mit der Auffindung des Leitungsgesetzes für die Nervenwurzeln begonnen hat.

Aus dem Rückenmark treten die Nervenwurzeln in zwei Längsreihen, einer hinteren und vorderen. Die hinteren Nervenwurzeln sind sensibel, ihre Reizung erzeugt Schmerz, ihre Durchschneidung macht die ihnen zugeordneten Strecken der Haut unempfindlich; die vorderen Nervenwurzeln sind motorisch, ihre Reizung bewirkt Muskelcontraction, ihre Durchschneidung Muskellähmung. Die Fasern der hintern Wurzeln leiten centripetal, nach ihrer Durchschneidung verursacht nur die Reizung des centralen Stumpfes Empfindung, nicht die des peripherischen; die Fasern der vordern Wurzeln leiten centrifugal, hier erzeugt Reizung des peripherischen Stumpfes Muskelzuckung, nicht die des centralen [1]).

[1]) Eine Ausnahme bildet die von MAGENDIE entdeckte, von BERNARD und SCHIFF bestätigte Erscheinung, dass der peripherische Stumpf der vordern Wurzel ebenfalls eine schwache Sensibilität zeigt, die aber verschwindet, sobald man die hintere Wurzel durchschneidet. Man erklärt diese „rückläufige Sensibilität" nach dem Vorgang von

Aus diesem Gesetz, welches Carl Bell zuerst festgestellt hat, und welches nach ihm mit dem Namen des Bell'schen Satzes belegt worden ist, geht hervor, dass an der Ursprungsstelle der Nerven die sensibeln und die motorischen Leitungsbahnen vollständig von einander gesondert sind. Für die Hirnnerven gilt der nämliche Satz mit der Erweiterung, dass bei den meisten derselben diese Scheidung nicht bloss auf einer kurzen, nahe dem Ursprung gelegenen Strecke, sondern entweder während ihres ganzen Verlaufes oder doch auf einem längeren Theil ihrer Bahn erhalten bleibt[1]. Ihren Grund hat die Vereinigung der sensibeln und motorischen Wurzeln zu gemischten Nervenstämmen ohne Zweifel in der räumlichen Endverbreitung der Nervenfasern. Die Muskeln und die sie bedeckende Haut werden von gemeinsamen Nervenzweigen versorgt. Die Trennung der functionell geschiedenen Leitungsbahnen auf ihrem ganzen Verlaufe bleibt daher nur bei jenen Hirnnerven bestehen, deren Endausbreitungen ihren Ursprungsorten beträchtlich genähert sind, während die Ursprungsorte selbst weiter auseinandertreten. Hier führt der getrennte Verlauf einfachere räumliche Verhältnisse mit sich, als die anfängliche Vereinigung jener sensibeln und motorischen Fasern, die sich zu benachbarten Theilen begeben.

Wie der Ursprung, so richtet sich auch der weitere peripherische Verlauf der Nerven wesentlich nach den Bedingungen ihrer Verbreitung. Solche Fasern, die zu gemeinsam wirkenden Muskeln, oder die zu einander genäherten Theilen der Haut gehen, ordnen sich zusammen. Nachdem vordere und hintere Nervenwurzeln einen gemischten Nerven gebildet haben, verläuft daher letzterer nicht immer einfach und auf dem kürzesten Wege

---

Magendie gewöhnlich durch die Annahme, dass die sensible Wurzel an die motorische Fasern abgibt, welche in der letzteren von der Vereinigungsstelle an rückwärts verlaufen. Schiff, Lehrbuch der Physiologie I. S. 144). Wenn man dem Princip der isolirten Leitung nur eine begrenzte Gültigkeit zuerkennt, so könnte die rückläufige Sensibilität möglicher Weise darin begründet sein, dass unter der Vereinigungsstelle der Wurzeln die Reizung von motorischen auf sensible Fasern überspringt. Dann wäre jedoch zu erwarten, dass auch auf Reizung sensibler Wurzeln Muskelzuckung eintrete. Bis jetzt ist dies nur bei der Reizung mit starken elektrischen Strömen beobachtet worden, wo der elektrotonische Zustand die Erregung verursacht. Vergl. Du Bois-Reymond, Untersuchungen über thier. Elektricität II. S. 595. Eine andere Möglichkeit ist die, dass sensible Nervenfäden, welche sich im Neurilemma verbreiten, die rückläufige Sensibilität verursachen.

[1] Rein sensibel sind nämlich Riech-, Seh- und Hörnerv, rein motorisch die Augenmuskelnerven, der Angesichts- und Zungenfleischnerv (Facialis, Hypoglossus); ähnlich den Rückenmarksnerven, d. h. nur nahe dem Ursprung unvermischt, sind der Trigeminus, Glossopharyngeus und der Vagus mit dem Accessorius; bloss bei den letzteren besitzt die sensible Wurzel ein Ganglion, das den eigentlichen Sinnesnerven fehlt. Vom morphologischen Gesichtspunkte hat man versucht sämmtliche Hirnnerven mit Ausnahme der beiden vorderen Sinnesnerven ebenfalls in Nervenpaare mit sensibeln und motorischen Wurzeln zu ordnen (vgl. Arnold, Handb. der Anatomie II, S. 830). Physiologisch gilt aber der Bell'sche Satz für die Hirnnerven allein insofern, als auch sie in getrennten sensibeln und motorischen Wurzeln aus dem Centralorgane entspringen, während die Wiedervereinigung jener Wurzeln zu gemischten Nerven nur bei einigen derselben stattfindet.

zu den Orten seiner Ausbreitung, sondern er tritt häufig mit andern Nerven in einen Faseraustausch. Auf diese Weise entstehen die so genannten Nervengeflechte (Plexus). Die Bedeutung derselben wird man wohl darin sehen müssen, dass die Nervenfasern bei ihrem Ursprung aus dem Centralorgan zwar vorläufig bereits so geordnet sind, wie es den Bedingungen ihrer peripherischen Verbreitung entspricht, dass aber diese Ordnung doch noch keine vollständige ist, sondern nachträglich ergänzt werden muss. Die Plexus treten desshalb vorzugsweise an denjenigen Stellen auf, an welchen sich Körpertheile befinden, die starker Nervenstämme bedürfen, wie die beiden Extremitätenpaare. Hier machen es schon die räumlichen Bedingungen des Ursprungs unmöglich, dass die Nervenstämme genau so aus dem Rückenmark hervortreten, wie sie in der Peripherie sich verbreiten. Ausser dieser ergänzenden hat aber die Plexusbildung ohne Zweifel auch noch eine compensirende Bedeutung. Beim Ursprung aus den Centralorganen werden diejenigen Nervenfasern einander am meisten genähert sein, welche in functioneller Verbindung stehen. Diese letztere geht nun zwar häufig, aber durchaus nicht überall mit der räumlichen Ausbreitung zusammen. So vereinigen sich z. B. die Beuger des Ober- und Unterschenkels zu gemeinsamer Action: jene liegen aber an der Vorder-, diese an der Hinterseite des Gliedes und empfangen daher aus verschiedenen Nervenstämmen, jene vom Schenkel-, diese vom Hüftnerven, ihre Fäden. Haben nun die Nerven für die Beuger der ganzen Extremität, wie es höchst wahrscheinlich ist, einen benachbarten Ursprung, so müssen sie im Hüftgeflecht in jene nach verschiedenen Richtungen abgehenden Stämme sich ordnen. Wahrscheinlich kommt den einfacheren Verbindungen der Wurzelpaare mehr die ergänzende, den complicirteren Plexusbildungen mehr die compensirende Bedeutung zu.

Da die motorische Wurzel in die vordere, die sensible in die hintere Hälfte des Rückenmarks sich einsenkt, so liegt die Vermuthung nahe, dass im Innern dieses Centralorgans die Leitungsbahnen in der nämlichen Ordnung gesondert nach oben laufen. In der That ist diese einfachste Ansicht auch die ursprünglichste gewesen. Die Alten schon betrachteten das Rückenmark als den gemeinsamen Stamm aller Rumpfnerven. Nach der Feststellung des BELL'schen Satzes wurde diese Vorstellung nur dahin abgeändert, dass man in den Vordersträngen die motorischen, in den Hintersträngen die sensibeln Fasern jenes Nervenstammes annahm. Die Seitenstränge betrachtete BELL selbst, da aus ihnen im verlängerten Mark mehrere bei der Respiration betheiligte Nerven (Vagus, Accessorius, Facialis) hervorkommen,

als die Faserbündel der Respirationsnerven [1]). Andere nahmen, weil diese Stränge auf Reize motorisch aber unempfindlich zu sein scheinen, an, dass sie sich mit den Vordersträngen an der motorischen Leitung betheiligen[2]). Der Weg endlich, welchen die Reizung bei ihrer Fortpflanzung im Mark einhalte, sollte auf der nämlichen Seite liegen, auf welcher die betreffenden Nervenwurzeln heraustreten: für die rechte Körperhälfte sollte also die rechte, für die linke die linke Markhälfte die Leitungsbahnen enthalten. Diese einfache Ansicht fand aber ihre Widerlegung in physiologischen Erfahrungen, welche beweisen, dass die Bedingungen der Leitung im Rückenmark andere und verwickeltere sind als in den peripherischen Nerven. Es sind hauptsächlich drei Reihen von Thatsachen, welche die Lehre von den Leitungsgesetzen im Mark begründet haben: erstens die Leitungsstörungen nach partiellen Quertheilungen des Rückenmarks, zweitens die Phänomene der Reflexbewegung, drittens die veränderte Reizbarkeit der grauen Substanz und der aus ihr hervorgehenden centralen Fasern der Markstränge. Aus der näheren Betrachtung dieser Erscheinungen werden die Leitungswege im Rückenmark, so weit dieselben bis jetzt nachweisbar sind, von selbst sich ergeben.

Die Erfolge der queren Durchschneidung einer Markhälfte beweisen, dass nicht alle Leitungsbahnen auf der nämlichen Seite verbleiben, auf welcher die Nervenwurzeln in das Mark eintreten, sondern dass ein Theil derselben innerhalb des Rückenmarks von der rechten in die linke Hälfte übertritt und umgekehrt. Allerdings sind die Angaben verschiedener Experimentatoren über Art und Umfang der nach halbseitigen Durchschneidungen eintretenden Leitungsstörungen noch äusserst widersprechend [3]); auch mögen nicht bei allen Thierclassen gleichförmige Verhältnisse bestehen. So viel aber dürfte sich als ein gesichertes Resultat der bei den verschiedensten Thieren ausgeführten Rückenmarksversuche ergeben, dass nach Trennung der einen Markhälfte auf keiner Körperseite eine vollständige Lähmung der Empfindung oder Bewegung eintritt. In Bezug auf die sensible Leitung widersprechen selbst Diejenigen, welche noch in neuerer Zeit eine ungekreuzte Leitung annahmen, nicht diesem Satze, sondern geben nur den Erscheinungen eine andere Deutung [4]).

---

[1] Bell, exposition du système natur. des nerfs, trad. par Genest. Paris 1825. p. 27.

[2] Longet, Anatomie und Physiologie des Nervensystems, übers. von Hein. Bd. I, S. 242.

[3] Zur Geschichte dieser Controverse vergl. v. Bezold, Ztschr. f. wiss. Zoologie, Bd. 9. S. 307.

[4] So Chauveau (journ. de la physiol t. I, 1858, p. 176) und von Bezold (Ztschr. f. wiss. Zoologie, Bd. 9. S. 307) welche die Sensibilitätserscheinungen auf der Seite der Durchschneidung als Reflexe auffassten oder wenigstens eine solche Auffassung als möglich zuliessen. Gegen die Behauptung, dass Zeichen bewusster Sensibilität von

Häufiger wurde eine complete Muskellähmung auf der Seite der Durchschneidung behauptet, doch ist auch hier die Mehrzahl der Beobachter gegenwärtig darin einig, dass auf der gleichen Körperhälfte noch Spuren willkürlicher Bewegung und auf der entgegengesetzten Störungen derselben zu beobachten sind[1]). Bei der sensibeln Leitung ist die partielle Kreuzung deutlicher nachweisbar als bei der motorischen; es ist daher nicht unwahrscheinlich, dass verhältnissmässig mehr sensible als motorische Bahnen den gekreuzten Weg nehmen[2]). Wie die Wege der Leitung auf die graue und weisse Substanz sich vertheilen, muss vorerst dahingestellt bleiben. Im allgemeinen wird nur zu vermuthen sein und wird auch durch die Erfolge der isolirten Durchschneidung der Markstränge bezeugt, dass die weissen Markfasern in ihrer Mehrzahl in der Richtung der Hauptleitung verlaufen, dass also die Fasern der vordern Stränge vorzugsweise auf der nämlichen Seite nach oben treten, die der hintern Stränge aber in verhältnissmässig grösserer Zahl die gekreuzte Bahn einschlagen.

Abgesehen von den Hauptbahnen der Leitung, welche für die motorische Reizung in den Vorder- und Seitensträngen, für die sensible in den Hintersträngen und vielleicht auch noch im hintersten Theil der Seiten-

Reflexen nicht zu unterscheiden seien, hat übrigens SCHIFF mit Recht bemerkt, dass Schreie und ähnliche Schmerzenszeichen zwar noch nach Entfernung des grossen Gehirns als Reflexe von der med. oblongata aus entstehen, dass aber desshalb jene Zeichen nicht an und für sich als blosse Reflexe betrachtet werden können, sondern bei Erhaltung des Gehirns ohne Zweifel in der Regel mit bewusster Empfindung verbunden sind (Physiologie I, S. 233). Eine totale Kreuzung der sensibeln Leitungsbahnen nahm BROWN-SÉQUARD an (Experimental researches applied to physiol. and pathol. New-York 1853. Journal de la physiol. I. 1858. p. 176), doch hat derselbe später zugegeben, dass bei manchen Thieren auf der dem Schnitt entgegengesetzten Seite Spuren von Sensibilität zu finden seien, die er in etwas gezwungener Weise als Muskelempfindungen deutet, welche die in Folge der Reizung ausgelösten Reflexbewegungen begleiten sollen (Lectures on the physiology and pathology of the central nervens system. London, 1860. p. 85). Wie SCHIFF vermuthet, sind die Resultate BROWN-SÉQUARD's durch Beeinträchtigung der grauen Substanz auf der nicht durchschnittenen Seite getrübt worden (Physiologie I, S. 247). Da, wie wir unten sehen werden, die graue Substanz in jeder Richtung Erregungen leitet, so folgt schon hieraus, dass nach halbseitiger Markdurchschneidung auf keiner Seite eine vollständige Anästhesie bestehen kann. Es wäre zwar möglich, dass die sämmtlichen in der weissen Substanz enthaltenen sensibeln Bahnen eine Kreuzung erfahren, aber mit Sicherheit ist dies nicht anzunehmen, weil sich nicht bestimmen lässt, ob eine zurückgebliebene Sensibilität von Leitung in der grauen oder in der weissen Substanz herrührt. Beweisend könnte allein eine Markdurchschneidung sein, bei der bloss die weissen Stränge der einen Seite erhalten blieben. Eine solche bietet aber allzugrosse experimentale Schwierigkeiten, als dass sie mit der wünschenswerthen Reinheit sich ausführen liesse. Vermehrt werden diese Schwierigkeiten noch durch die Hyperästhesie, welche, wie wir unten sehen werden, den Verletzungen der grauen Substanz zu folgen pflegt, und welche eine Vergleichung der Sensibilität vor und nach der Durchschneidung fast unmöglich macht.

[1]) BROWN-SÉQUARD, lectures p. 48. VULPIAN, leçons sur la physiologie du système nerveux. Paris 1866. p. 385.

[2]) Eine sichere Feststellung dieses Punktes ist jedoch wegen der unten zu erwähnenden Veränderungen, welche die Verletzung herbeiführt, kaum möglich, daher um die Frage der sensibeln Kreuzung sich auch vorzugsweise die Controverse bewegt hat.

stränge gelegen sind, vermittelt die graue Substanz des Rückenmarks in jeder Richtung die Uebertragung der Erregung, so dass, so lange nur eine kleine Lücke grauer Substanz erhalten bleibt, durch dieselbe auch Erregungen, welche ober- und unterhalb stattfinden, geleitet werden können. Diese Leitung durch die graue Substanz unterscheidet sich somit wesentlich von derjenigen, welche die Markstränge bewirken. Die Leitungsbahnen der letzteren halten bestimmte, theils geradläufige theils gekreuzte Richtungen ein, in der grauen Substanz ist aber nicht einmal eine Trennung sensibler und motorischer Leitungsgebiete zu finden [1]. Aus den Leitungsstörungen, die nach absichtlich oder zufällig herbeigeführten Continuitätstrennungen des Marks eintreten, ergibt sich demnach im Ganzen, dass die motorischen und sensorischen Bahnen im Rückenmark theilweise gekreuzte Wege einschlagen, und dass die den Centralkanal umgebende graue Substanz Erregungen jeder Art in jeder Richtung zu leiten vermag.

Die Sicherheit der auf Markdurchschneidungen gegründeten Schlüsse wird dadurch erheblich beeinträchtigt, dass bei denselben immer zugleich Reizungserscheinungen eintreten, durch welche das Bild der Leitungsstörung getrübt wird. Jede Verletzung des Rückenmarks bringt nämlich einen Zustand erhöhter Reizbarkeit hervor, der in der Regel auf diejenige Körperseite beschränkt bleibt, auf welcher die Verletzung stattfand, zuweilen aber auch auf die andere Seite übergreifen kann. Sind die sensibeln Bahnen von der Verletzung getroffen worden, so besteht die erhöhte Reizbarkeit in einer Hyperästhesie, welche in verstärkten Reflexen und Schmerzenszeichen auf Einwirkung von Reizen sich äussert. Wurden die motorischen Bahnen verletzt, so stellen leicht entweder anscheinend spontan oder auf Reizung sensibler Nerven länger dauernde Convulsionen sich ein. Eine solche Hyperkinesie pflegt nicht auf die Seite der Verletzung beschränkt zu bleiben, wie es in der Regel mit der Hyperästhesie der Fall ist [2]. Bei der letzteren tritt daher die verminderte Empfindlichkeit der entgegengesetzten Körperhälfte noch deutlicher hervor [3], während die Hyper-

---

[1] Das allseitige Leitungsvermögen der grauen Substanz ist namentlich von SCHIFF durch mehrfach variirte Versuche erwiesen worden. Selbst wenn von den grauen Vorderhörnern nur ein kleiner Theil erhalten ist, werden noch Empfindungseindrücke nach dem Gehirn geleitet (a. a. O. S. 257), ebenso durch die Hinterhörner Bewegungsimpulse ebend. S. 282). Dagegen hört die Leitung der Empfindung auf, wenn die Hinterstränge samt der grauen Substanz durchschnitten werden, ebenso die Leitung der Bewegung, wenn Vorder- und Hinterstränge nebst der grauen Substanz getrennt sind. Nach diesen Versuchen würden demnach die Seitenstränge als ganz motorisch gelten müssen. Doch ist zu erwägen, dass ihr an die Hinterstränge grenzender Theil von den letztern nicht isolirt werden kann, so dass ein Verlauf sensibler Leitungsbahnen in denselben immerhin wohl möglich bleibt und in der That, wie wir unten sehen werden, durch gewisse Versuche bestätigt wird.

[2] Uebrigens hat SANDERS (Geleidingsbanen in het ruggemerg. Groningen 1866. p. 66) zuweilen auch eine vorübergehende Hyperästhesie auf der entgegengesetzten, gewöhnlich unempfindlicheren Seite beobachtet.

[3] Vielleicht wird auch in Folge des auf der Seite der Durchschneidung bestehenden Reizungszustandes die Erregbarkeit auf der entgegengesetzten wirklich vermindert. Vgl. SANDERS a. a. O. p. 112.

kinesie auf einige Zeit die Lähmungssymptome überhaupt undeutlicher macht. Beide Veränderungen der Reizbarkeit müssen wohl, da sie nicht unmittelbar mit der eingetretenen Continuitätstrennung zusammenhängen, sondern sich erst einige Zeit nach der Verletzung einstellen, im weiteren Verlauf aber wieder allmälig verschwinden, auf einen durch dieselbe verursachten Reizungszustand zurückgeführt werden. Dabei ist die erhöhte Sensibilität wahrscheinlich desshalb mehr auf die Seite der Verletzung beschränkt, weil die Reizung vorzugsweise auf die Wurzelfasern der nämlichen Seite sich ausbreitet. Die Hykerkinesie aber zeigt keine solche Beschränkung, da sie überhaupt nicht auf der Leitung zum Gehirn beruht, sondern im Rückenmark selbst zu Stande kommt, indem sich in den Markfasern oder in der grauen Substanz desselben ein Reizungszustand entwickelt, der als erhöhte Reflexerregbarkeit oder sogar als unmittelbare Erregung der motorischen Fasern sich äussert [1]. Der Zustand der Hyperkinesie scheint sich allmälig von der verletzten Stelle weiter auszubreiten. BROWN-SÉQUARD fand nämlich, dass bei Thieren, welche Verletzungen des Rückenmarks überlebten, nach einigen Wochen anscheinend spontan oder auf mässige sensible Reize allgemeine Convulsionen eintraten [2]. Da der Centralheerd solcher Krämpfe, wie später gezeigt werden wird [3], in das Gebiet des verl. Marks und der Brücke fällt, so muss demnach in solchen Fällen die Veränderung der Reizbarkeit bis zu diesen Theilen emporgestiegen sein. Es ist begreiflich, dass die so alle partiellen Durchschneidungen oder andere pathologische Continuitätstrennungen begleitenden Veränderungen der Reizbarkeit die Beurtheilung der Leitungsstörungen erschweren; dies macht sich aber hauptsächlich bei der Leitung der Empfindungseindrücke geltend, da an den sensibeln Wurzelfasern der verletzten Seite der Zustand erhöhter Reizbarkeit vorzugsweise sich äussert. Das gewöhnliche Bild, welches halbseitige Durchschneidungen oder Verletzungen des Markes darbieten, ist daher: fast vollständige Lähmung der Muskeln und erhöhte Reizbarkeit der Haut auf der verletzten, geringere Bewegungsstörungen und verminderte Empfindlichkeit

[1] Dass die Hyperästhesie nicht Folge der Trennung des Zusammenhangs sein könne, hat bereits SCHIFF (Lehrb. der Physiol. I, S. 274) gegen BROWN-SÉQUARD hervorgehoben. SCHIFF, der den Zustand daraus ableiten wollte, dass eine Reizung der Hinterstränge verändernd auf die graue Substanz wirke, vermochte aber die Einseitigkeit der Hyperästhesie nicht zu erklären. SANDERS beobachtete bei jungen Thieren, dass sich die Hyperästhesie sogar auf die vor der Durchschneidungsstelle abgehenden sensibeln Bahnen fortpflanzen kann; er führte sie daher auf eine Ausbreitung des Wundreizes zurück, welche je nach Umständen eine verschiedene Ausdehnung gewinnen könne (a. a. O. p. 151). Die Hyperästhesie ist, wie SCHIFF beobachtet und SANDERS bestätigt hat, nach blosser Durchschneidung der Hinterstränge stärker ausgebildet, als wenn gleichzeitig die graue Substanz verletzt ist. Wahrscheinlich hat dies darin seinen Grund, dass im letztern Fall gleichzeitig die Leitung bedeutend beeinträchtigt wird. Die Hyperkinesie ist bis jetzt so gut wie unerklärt geblieben (vergl. darüber SCHIFF a. a. O. S. 290) Man hat wohl bei der Beurtheilung dieses Zustandes allzusehr von der Analogie mit der Hyperästhesie sich bestimmen lassen. Es ist aber nicht zu übersehen, dass es sich bei der letzteren immer auch darum handelt, welche Wege für die Leitung der Empfindungseindrücke zum Gehirn offen stehen, während bei der Hyperkinesie die Reizung der motorischen Gebilde des Marks allein in Betracht kommt. Hieraus erklärt sich, wie oben angedeutet, leicht die unbestimmtere Ausbreitung dieses Zustandes.

[2] BROWN-SÉQUARD, Arch. gén. de méd. 5me ser. t. VII, 1856, p. 11. Aehnliche epileptiforme Zufälle hat BROWN-SÉQUARD neuerdings sogar nach Verletzungen peripherischer Nerven (gaz. médic. 1871, p. 6, 38) und WESTPHAL nach starken Gehirnerschütterungen bei Thieren beobachtet (Berliner klin. Wochenschr. 1871, S. 449).

[3] Siehe Cap. V.

auf der entgegengesetzten Seite [1]. Hieraus kann nun zwar mit ziemlicher Sicherheit geschlossen werden, dass die motorischen Bahnen grossentheils ungekreuzt nach oben gehen, ob aber die grössere Zahl der sensibeln Bahnen einen geradlinigen oder gekreuzten Verlauf nimmt, bleibt ungewiss. Denn hat die erhöhte Reizbarkeit ihren Sitz in den der verletzten Stelle (Fig. 44) benachbarten Wurzelfasern, so wird, sobald nur ein Theil der Bahnen (z. B. *b*) auf die andere Seite übertritt, die Empfindlichkeit in der peripherischen Ausbreitung dieser Wurzelfasern bei *A* vermehrt sein. Auf der entgegengesetzten Körperhälfte *B* aber, auf welche in der Regel die von der verletzten Stelle ausgehende Veränderung nicht übergreift, ist bloss jene Verminderung der Sensibilität bemerkbar, welche durch die Trennung der gekreuzten Fasern *b'* bewirkt ist [2]. Wenn an irgend einer Stelle die Leitung in den weissen Marksträngen während längerer Zeit unterbrochen wird, so bilden sich die auf S. 107 im allgemeinen geschilderten Veränderungen aus: Schwund der Nervenfasern, Auftreten von Körnchenzellen und Körnchenhaufen, Zunahme des interstitiellen Gewebes. Hat die Verletzung die Hinterstränge betroffen, so pflanzen sich diese Veränderungen vorzugsweise nach aufwärts, in geringerem Maasse nach abwärts fort. Umgekehrt verhält es sich nach Verletzungen der Vorderstränge. Die Seitenstränge bieten ein gemischtes Verhalten dar: ein Theil scheint sich den hinteren, ein anderer den vorderen Strängen analog zu verhalten. Diese Thatsachen fügen sich vollständig dem früher aufgestellten Satze, dass die Ursache der Degeneration die aufgehobene Function ist. Denn augenscheinlich schreitet die Veränderung in derjenigen Richtung am schnellsten fort, in welcher die voll-

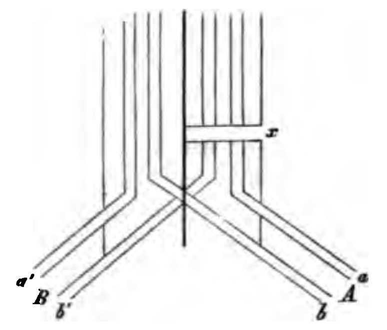


Fig. 44.

[1] Pathologische Beobachtungen mit ähnlichem Resultat, vgl. bei BROWN-SÉQUARD, journal de la physiologie VI p. 124, 232, 581, Archives de physiol. I p. 610, II p. 236, und W. MÜLLER, Beiträge zur pathologischen Anatomie und Physiologie des menschlichen Rückenmarks. Leipzig 1871. S. 3 u. f.

[2] Die Empfindlichkeit bei *A* (Fig. 44) resultirt aus der Reizbarkeit der Faserbündel *a* und *b*, die von *B* aus der Reizbarkeit von *a'* und *b'*. Würde nun die Durchschneidung bei *x* nur eine Leitungsstörung nach sich ziehen, so müsste, falls z. B. ebenso viele Fasern gekreuzt wie ungekreuzt verliefen, auf beiden Seiten die Empfindlichkeit gleichmässig vermindert sein. Wird aber gleichzeitig in der Umgebung von *x* die Reizbarkeit der Wurzelfasern erhöht, so wird die Empfindlichkeit bei *A* grösser als bei *B* sein, weil in dem Bündel *b* die Erregung stärker als in *a'* ist. Ausserdem können *a* und *b'*, da sie zunächst in grauer Substanz endigen, Reflexbewegungen auslösen, die unabhängig von bewusster Empfindung stattfinden; auch diese müssen aber, theils weil sie überhaupt auf der gereizten Seite überwiegen, theils weil die von *x* ausgehende Veränderung vorzugsweise auf die Wurzelfasern einwirkt, bei *A* intensiver als bei *B* sein. Nun besitzen wir über den Grad der Reizbarkeitsveränderung gar keinen Aufschluss, wir können also auch nicht wissen, in welchem Umfang durch die Hyperästhesie in den Kreuzungsfasern und durch die Erhöhung der Reflexerregbarkeit die Symptome der Empfindungslähmung, welche die Trennung der rechtläufigen Fasern im Gefolge hat, verdeckt werden mögen. Hat die Verletzung längere Zeit bestanden, so verschwindet allerdings die Veränderung der Reizbarkeit, es stellen dann aber stets zugleich jene Compensationen der Leitung sich ein, welche wir unten kennen lernen werden, und welche allmälig einen Zustand herbeiführen, der mehr und mehr dem normalen sich nähert.

ständigste Aufhebung der Function stattfindet: dies ist aber bei den motorischen Strängen die centrifugale, bei den sensorischen die centripetale Richtung. In den ersteren können möglicher Weise noch Bewegungsimpulse vom Gehirn, in den letzteren Empfindungseindrücke von den Sinnesorganen aus bis zur Durchschnittsstelle geleitet und so ein gewisser Grad der Function erhalten werden, wodurch sich der Eintritt der Veränderungen verlangsamt[1]).

Mit dem Namen der Reflexerregung hat man die in Folge von Reizung sensibler Nerven oder ihrer peripherischen Ausbreitung eintretenden Muskelbewegungen belegt. Die Thatsache der Reflexbewegung beweist, dass in dem Rückenmark die Reizungsvorgänge nicht, wie in einem gemischten Nervenstamm, einfach geleitet werden, sondern dass zugleich ein Ueberspringen der Erregung von sensorischen auf motorische Bahnen stattfinden kann. Als Ort dieser Uebertragung müssen wir die graue Substanz betrachten, da vollständige Trennung derselben bei Erhaltung eines Theils der vordern und hintern Markstränge das Reflexvermögen aufhebt. Im allgemeinen zeigen somit die Reflexerscheinungen, dass neben den beiden Hauptbahnen der sensorischen und motorischen Leitung noch eine Zweigleitung existirt, welche innerhalb der grauen Substanz beide Bahnen mit einander verbindet. Diese Zweigleitung besteht aber aus einer grossen Zahl von Leitungswegen, welche sämmtlich wieder mit einander zusammenhängen. Denn mässige Reizung einer beschränkten Hautstelle zieht bei einem gewissen mittleren Grad der Erregbarkeit eine Reflexzuckung nur in derjenigen Muskelgruppe nach sich, welche von motorischen Wurzeln versorgt wird, die in der gleichen Höhe und auf derselben Seite wie die gereizten sensibeln Fasern entspringen. Steigert sich der Reiz oder die Reizbarkeit, so geht zunächst die Erregung auch auf die in gleicher Höhe abgehenden motorischen Wurzelfasern der andern Körperhälfte über, endlich, bei noch weiterer Steigerung, verbreitet sie sich mit wachsender Intensität zuerst nach oben und dann nach unten, so dass schliesslich die Muskulatur aller Körpertheile, die aus dem Rückenmark und verlängerten Mark ihre Nerven beziehen, in Mitleidenschaft gezogen wird[2]. Jede sensible Faser steht demnach durch eine Zweigleitung erster Ordnung mit den gleichseitig und in gleicher Höhe entspringenden motorischen Fasern, durch eine solche zweiter Ordnung mit den auf der entgegengesetzten Seite in gleicher Höhe austretenden, durch Zweigleitungen dritter Ordnung mit den höher oben ab-

[1] Joffroy archives de physiol. I. p. 735. Charcot ebend. II. p. 291. Westphal, Griesinger's Archiv f. Psychiatrie II. S. 415.

[2] Pflüger die sensorischen Functionen des Rückenmarks. Berlin 1853, S. 67 u. f.

gebenden Fasern und endlich durch solche vierter Ordnung auch mit den weiter unten entspringenden in Verbindung.

Als eine dritte Erscheinung, welche auf die complicirteren Leitungsbedingungen im Rückenmark hinweist, wurde oben (S. 111) die veränderte Reizbarkeit dieses Organs bezeichnet. Die Veränderung ist eine kurze Strecke über dem Eintritt der Wurzeln bereits nachweisbar. Sie hat also sehr wahrscheinlich darin ihren Grund, dass die Wurzelfasern kurz nach ihrem Eintritt in der grauen Substanz endigen, und dass aus den Nervenzellen der letzteren erst neue, zu den höheren Gebieten des Centralorgans emporstrebende Fasern entspringen [1]). Den letzteren sowie der grauen Substanz selbst muss sodann die veränderte Reizbarkeit zugeschrieben werden. Diese besteht aber darin, dass die Reize, welche deutliche Zeichen der Erregung, Empfindung oder Muskelzuckung, hervorbringen sollen, im allgemeinen eine grössere Intensität und Dauer besitzen müssen, als sie zur Erregung der peripherischen Nervenfasern erforderlich sind. Auch pflegen die eintretenden Schmerzenszeichen oder Bewegungen in keinem Verhältniss zu der Stärke der Reize zu stehen. Viele Reizungen können ohne irgend einen Effect verschwinden; sobald aber dieser einmal vorhanden ist, pflegt die Erregung so anzuwachsen, dass länger dauernde Schmerzenszeichen oder Muskelzuckungen auftreten. Auf die physiologische Bedeutung dieser veränderten Reizbarkeit der grauen Substanz des Rückenmarks und der aus ihr hervorgehenden Markstränge werden wir unten, bei der Besprechung der allgemeinen Eigenschaften der Centraltheile, zurückkommen [2]); hier hatten wir sie nur als einen Beleg anzuführen für die Verschiedenheit des Rückenmarks von einem Nervenstamm. Auch enthält die Thatsache, dass bereits eine kurze Strecke über der Eintrittsstelle eines jeden Nervenwurzelpaares im ganzen Querschnitt des Rückenmarks die veränderte Reizbarkeit vorgefunden wird, ein werthvolles physiologisches Zeugniss für den Verlauf, den die Wurzelfasern unmittelbar nach ihrem Eintritt in das Mark nehmen. Offenbar müssen diese sämmtlich eine kurze Strecke über oder unter ihrem Eintritt mit den Zellen der grauen Hörner in Verbindung treten, und es können keine Wurzelfasern direct, ohne vorherigen Zusammenhang mit grauer Substanz, in den Marksträngen nach oben verlaufen [3]).

---

1) Bei ihrem Eintritt in das Mark beugen sich die sensibeln Fasern nicht nur nach oben, sondern zum Theil auch nach unten um, wie die Thatsache beweist, dass nach Durchschneidung der Hinterstränge die untere sowohl wie die obere Schnittfläche auf Reize sensibel ist.

2) Siehe Cap. VI.

3) Die meisten Physiologen erklären die graue Substanz sowie die aus ihr nach

Mit der veränderten Reizbarkeit, welche die centrale Nervenmasse gegenüber der peripherischen Faser darbietet, hängen ausserdem wahrscheinlich eigenthümliche Verschiedenheiten der Empfindungsleitung zusammen. Sobald nämlich diese in Folge einer Trennung der weissen Hinterstränge nur noch durch graue Substanz vermittelt wird, so sind im allgemeinen stärkere oder öfter wiederholte Reize erforderlich, wenn die Erregung durch die erhalten gebliebene Lücke sich fortpflanzen soll. Sobald aber die Erregung entstanden ist, pflegt sie an Intensität, Ausbreitung und Dauer die gewöhnliche durch die Markstränge geleitete Form der Erregung zu übertreffen. Ein entgegengesetzter Zustand scheint sich einzustellen, wenn die graue Substanz vollständig getrennt ist, so dass auf einer gewissen Strecke die Leitung nur durch die weissen Markstränge vermittelt werden kann. Sind nämlich auf diese Weise nur die weissen Hinterstränge erhalten geblieben, so ist die Reizbarkeit der unter der Trennungsstelle gelegenen Hauttheile gegenüber schwachen und mässig starken Eindrücken nicht verändert. Dagegen erreicht die Erregung schon bei einer mässigen Intensität des Eindrucks ihr Maximum, so dass eine weitere Steigerung der Reize keine verstärkten Zeichen der Sensibilität, also keine Symptome von Schmerz hervorbringt. Eine ganz ähnliche Erscheinung beobachtet man ohne jede Verletzung des Rückenmarks nach der Einwirkung gewisser die centrale Substanz verändernder Stoffe, nämlich der Betäubungsmittel (Anästhetica), wie Äther, Chloroform. In einem gewissen Stadium des Äther- und Chloroformrausches ist die Empfindlichkeit für Eindrücke von mässiger Stärke nicht merklich geändert, für heftigere Reize aber ist sie vermindert, so dass ein Zustand nicht der Empfindungslosigkeit, aber der Schmerzlosigkeit, der A n a l g e s i e, eintritt. Diese merkwürdigen Erscheinungen empfangen Licht, wenn wir sie mit den im allgemeinen über die Reizbarkeit der centralen Substanz ermittelten Thatsachen zusammenhalten. Insofern die weissen Stränge des Rückenmarks ihre veränderte Reizbarkeit erst dadurch gewinnen, dass sie graue Substanz durchsetzt haben, müssen wir offenbar die letztere als die eigentliche Ursache jener Veränderung ansehen. Es ist daher auch von vornherein begreiflich, dass die Veränderung um so bedeutender sich geltend machen wird, je mächtiger die Massen grauer Substanz sind, welche die Reizung passiren muss. Nun wurde durch die Reizungsversuche am Rückenmark wahrscheinlich, dass überhaupt alle Leitungsfasern durch graue Substanz unterbrochen werden. Aber es ist klar, dass in dieser Beziehung immerhin noch Unterschiede zwischen den einzelnen Bahnen existiren müssen: die einen werden unmittelbar, nachdem sie in die Vorder- oder Hinterhörner eingetreten sind, aus diesen wieder hervorkommen und in den Marksträngen nach oben verlaufen; die andern werden in dem Zellennetz der grauen Hörner verschlungene Wege einschlagen, um gelegentlich höher oben oder weiter unten ebenfalls in die Markstränge einzutreten. So bietet sich uns von selbst die Annahme einer H a u p t b a h n, welche nach dem Eintritt in die graue Masse auf kürzestem Weg wieder in die weissen Stränge übergeht und in diesen, ohne im Rückenmark weitere Unterbrechungen

---

oben tretenden Markfasern überhaupt für n i c h t r e i z b a r. Andere schreiben ihnen dieselbe Reizbarkeit wie den Wurzelfasern zu. Ich kann keiner dieser Ansichten beitreten. Die centrale Substanz des Rückenmarks besitzt vielmehr ebenso wie diejenige der höheren Centralorgane, soweit hier überhaupt eine Reaction auf Reize nachweisbar ist, eine v e r ä n d e r t e Reizbarkeit in dem oben angedeuteten Sinne. Ueber die ganze Controverse vergl. mein Lehrbuch der Physiologie, 3te Aufl. S. 710.

zu erfahren, nach oben verläuft, und zahlreicher Seitenbahnen, welche alle Wege einschlagen, die das viel verschlungene Zellennetz der Vorder- und Hinterhörner ihnen darbietet. Wie nun die centrale Substanz überhaupt stärkere oder öfter wiederholte Reize erfordert, wenn sie Zeichen von Erregung äussern soll, als die peripherische Nervenfaser, so wird auch diejenige Bahn, welche nur kurz die graue Substanz berührt, in ihren Erregbarkeitsverhältnissen der peripherischen Nervenfaser näher stehen als jene, die auf weite Strecken hin das Netz centraler Zellen durchsetzt. Wenn alle Leitungsbahnen erhalten sind, wird bei Reizen von mässiger Stärke die Erregung im allgemeinen nur auf der Hauptbahn sich fortpflanzen, und erst bei stärkeren Reizen wird sie zugleich auch die Seitenbahnen ergreifen. Hierfür spricht schon die Thatsache, dass eine besondere Zweigbahn durch die graue Substanz, von der oben die Rede war, jene nämlich, welche von der sensorischen zu der motorischen Leitung überführt, und welche aus den sensibeln Eindrücken Reflexbewegungen erzeugt, ebenfalls erst bei stärkeren Reizen in Miterregung geräth. Ist nun die Hauptbahn unterbrochen, dadurch dass die weissen Markstränge durchschnitten sind, so muss natürlich die Reizung eine stärkere sein, wenn sie durch die verletzte Stelle sich fortpflanzen soll. Anders verhält es sich, wenn die Leitung durch die graue Centralmasse getrennt und nur die Leitung durch die weissen Stränge erhalten ist. Um die in diesem Fall hervortretenden Erfolge zu verstehen, müssen wir eine weitere Eigenschaft der grauen Substanz beachten. Wie dieselbe Erregungen gleichsam in sich anzusammeln vermag, so dass sie erst auf oft wiederholte Reize, nun aber auch sogleich mit einer starken und anhaltenden Erregung antwortet, so ist in ihr überhaupt eine weit bedeutendere Summe von vorräthiger Arbeit oder von Spannkraft angehäuft als in der peripherischen oder centralen Nervenfaser [1]. Bei wachsenden Reizen wird daher auch in der letzteren verhältnissmässig früher der Grenzpunkt erreicht, wo trotz weiterer Reizsteigerung die Erregung nicht mehr wachsen kann, während, wenn die Reizung grössere Strecken grauer Masse zu passiren hat, diese Maximalgrenze erst bei einer höheren Reizintensität erreicht wird, wo demnach auch der Effect der Erregung, die Empfindung oder Muskelzuckung, eine bedeutendere Intensität besitzt. Für die Leitung im Rückenmark werden wir also voraussetzen müssen, dass die Seitenbahnen der grauen Substanz zwar erst von einem höheren Reizwerthe an in Mitleidenschaft gezogen werden, dass sie dann aber auch ein Anwachsen der Erregung bis zu einem höheren Grenzwerthe gestatten, als wenn die Leitung bloss auf der Hauptbahn stattfindet. Wieder liegt hierfür ein Zeugniss in dem Verhalten jener centralen Zweigleitung, welche die sensorischen mit den motorischen Bahnen verbindet. Auch die Reflexbewegung kann, bei Steigerung des Reizes oder der Reizbarkeit, zu einem Effect anwachsen, welcher bei der directen Erregung motorischer Nervenfasern nicht zu erreichen ist. Wir können uns demnach das Gesetz, nach welchem mit wachsendem Reize die Erregung zunimmt, für beide Formen der Nervensubstanz durch die Figur 45 versinnlichen, in welcher die Erregungen als Ordinaten auf eine Abscissenlinie $x\,x'$ bezogen sind, deren Längen den Reizgrössen entsprechen.

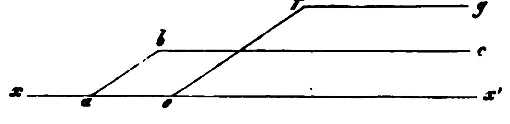


Fig. 45.

[1] Das Nähere hierüber vergl. in Cap. VI.

Die Curve *a b c* versinnlicht das Gesetz der Erregung für die weisse, die Curve *e f g* für die graue Substanz. Die letztere Curve verlässt erst bei einem höheren Reizwerthe die Abscissenlinie, steigt dafür aber zu einem höheren Maximum an. Hierin finden denn auch die auffallenden Erscheinungen der Analgesie ihre Erklärung. Sind alle Leitungsbahnen erhalten, so wird die Erregung, wie sie bei schwachen Reizen nur die Hauptbahn einschlägt, so umgekehrt bei den stärksten vorzugsweise auf den Seitenbahnen durch die graue Substanz geleitet, indem nur in dieser ein der Intensität des Reizes entsprechender Kräftevorrath disponibel ist. Wird also die graue Centralmasse getrennt, so bleibt nur die schon bei einer weit geringeren Reizstärke erreichte Maximalerregung, welche auf der Hauptbahn geleitet werden kann, übrig. So kommt es denn, dass neben der Continuitätstrennung der grauen Substanz gerade solche Stoffe, welche lähmend auf dieselbe wirken und daher auch die Reflexerregbarkeit stark herabsetzen, die Anästhetica, den Zustand der Analgesie herbeiführen [1].

Die bis jetzt im allgemeinen dargelegten Erscheinungen der Leitung im Rückenmark zeigen, dass dieses Organ gewissermassen die Mitte hält zwischen einer Einrichtung, bei welcher alle einzelnen Leitungsbahnen vollkommen von einander gesondert bleiben, und einer solchen, bei der alle zugeleiteten Vorgänge zusammenfliessen. Die Structurverhältnisse des Rückenmarks lassen diese Mittelstellung vollkommen begreiflich erscheinen, sobald wir die aus physiologischen Thatsachen erschlossene Eigenschaft der grauen Substanz in Betracht ziehen, dass durch sie die Leitung schwerer als durch die weissen Markstränge von statten geht. Dann folgt von selbst, dass das Rückenmark in eine Anzahl von Hauptbahnen und in eine grosse Menge von Nebenbahnen zerfallen muss: die Rolle der ersteren wird den

---

[1] Die wichtigen Unterschiede der Empfindungsleitung durch die graue Substanz und durch die weissen Hinterstänge sind von SCHIFF entdeckt worden (a. a. O. S. 251 u. f.). Die Resultate seiner Versuche deutete SCHIFF so, dass er für Tastempfindung und Schmerz verschiedene Leitungsbahnen annahm, die erstere sollte durch die weissen Hinterstränge, der letztere durch die graue Substanz zum Gehirn gelangen; folgerichtig musste dabei angenommen werden, dass es auch verschiedene peripherische Nervenbahnen für beide Empfindungen, also Tastnerven und Schmerznerven, gebe. Schon SANDERS hat darauf aufmerksam gemacht, dass viele der von SCHIFF gesehenen Erscheinungen sich weit einfacher erklären, wenn man annimmt, dass in den weissen Hintersträngen die Hauptbahn der Empfindungsleitung liegt, und dass die graue Substanz Seitenbahnen derselben enthält (Geleidingsbanen in het ruggemerg p. 60). Auf die oben berührten Reizbarkeitsverhältnisse der grauen Substanz gegenüber der leitenden Faser, worin das wesentlichste Moment der Erklärung enthalten sein dürfte, hat aber auch SANDERS noch nicht Rücksicht genommen. Es ist wahrscheinlich, dass in Bezug auf die motorische Leitung ganz ähnliche Unterschiede stattfinden. Die Erscheinungen so genannter Ataxie, bei denen bald der disponible Kraftaufwand für Bewegungen vermindert ist, bald diese nicht mit der nöthigen Sicherheit ausgeführt werden können (vergl. Cap. V), sind, wenn Verletzungen oder Krankheiten des Rückenmarks zu Grunde liegen, wahrscheinlich oft von solchen Störungen der einen oder andern Leitungsbahn abhängig. Aber die Symptome sind hier zu unbestimmt, auch bis jetzt nicht hinreichend untersucht, als dass eine vollständige Analogie mit den bei der Empfindungsleitung beobachteten Thatsachen nachgewiesen werden könnte.

weissen Marksträngen (*l*, *m*, *n* Fig. 46) zukommen, zwischen denen und den abgebenden Nervenwurzeln nur eine kurze Lage von Ganglienzellen eingeschoben ist; Nebenleitungen aber werden in der mannigfaltigsten Weise durch das Zellen- und Fasernetz der grauen Centralmasse (*d*, *l*) vermittelt werden können. Weiter als bis zu diesem Punkte allgemeiner Uebereinstimmung mit den physiologischen Verhältnissen gestatten uns jedoch unsere heutigen Kenntnisse über die Structur des Rückenmarks nicht zu gehen. Ueber den näheren Verlauf der Hauptbahnen geben uns die letzteren keinen Aufschluss. Man kann höchstens sagen, dass der Uebergang von Fasern aus der einen in die andere Hälfte, wie er sowohl in der vorderen als in der hinteren Commissur (*f* und *h*) stattfindet, der Annahme eines gekreuzten Verlaufs mancher motorischer und sensibler Bahnen günstig ist, obgleich er dieselbe keineswegs beweist, da ein solcher Faserübergang ebensowohl der Ausdruck eines Zusammenhangs der beiden Seitenhälften grauer Substanz durch Zellenausläufer, wie eines Uebertritts von Fasern aus dem einen in den andern Markstrang sein kann [1]). Im übrigen lässt die Richtung, nach der die Zellenausläufer namentlich in dem einfacher gebauten Rückenmark der Fische gestellt sind, die Annahme plausibel erscheinen, dass die nämlichen Ganglienzellen, welche motorische Fasern an die Nervenwurzeln abgeben, durch aufsteigende Fortsätze eine Verbindung mit den



Fig. 46. Querdurchschnitt durch die untere Hälfte des menschlichen Rückenmarks, nach Deiters. (Die Ganglienzellen sind der Deutlichkeit wegen in vergrösserterem Massstabe als die übrigen Theile dargestellt.) *a* Centralkanal. *b* Vordere, *c* hintere Längsspalte. *d* Vorderhorn mit den grösseren Ganglienzellen. *l* Hinterhorn mit den kleineren Ganglienzellen. *f* Vordere Commissur. *h* Hintere Commissur. *g* Gelatinöse Substanz um den Centralkanal. *i* Vordere, *k* hintere Nervenwurzelbündel. *l* Vorderstrang. *m* Seitenstrang. *n* Hinterstrang.

[1]) Im ersteren Falle würde eine eigentliche Commissur, im letzteren eine Kreuzung vorliegen. Beide Annahmen haben in der That unter den Erforschern der mikroskopischen Structur des Rückenmarks ihre Vertreter. Auch diejenigen, welche eine Kreuzung annehmen, setzen übrigens meistens, namentlich bei der vorderen Commissur, voraus, dass zunächst alle eintretenden Wurzelfasern in Ganglienzellen endigen, und dass aus diesen lateralwärts die auf derselben Seite bleibenden, medianwärts die sich kreuzenden Markfasern hervorkommen. Vgl. Stilling, neue Untersuchungen über den Bau des Rückenmarks. S. 60 f.

höher gelegenen motorischen Centren und durch rückwärts gerichtete eine solche mit den sensibeln Leitungsbahnen vermitteln, dass also die Leitungsbahnen der Reflexe und der sensibeln und motorischen Erregungen nicht von einander geschieden sind[1]). In dem Rückenmark der höheren Wirbelthiere wird die graue Substanz reicher an Zellen, und die Fortsätze der letzteren nehmen wechselndere Richtungen an, so dass wohl im allgemeinen auf eine zunehmende Verwickelung der Leitungsbahnen geschlossen werden darf. Eine in ihrer physiologischen Bedeutung noch nicht abzuschätzende Wichtigkeit hat endlich zweifelsohne die durch alle Wirbelthierclassen zu bestätigende Thatsache, dass die Zellen der Vorderhörner, welche die motorischen Wurzelfasern aufnehmen, in ihrer Mehrzahl von viel bedeutenderer Grösse sind, als die Zellen der Hinterhörner, mit denen die sensorischen Fasern in Verbindung treten. Nur an jenen grossen motorischen Zellen lassen sich auch die früher (Fig. 3 *a*, S. 29 und Fig. 6, S. 40) erwähnten Verschiedenheiten der Faserfortsätze mit Sicherheit nachweisen. Man vermuthet, dass aus den Axenfortsätzen die motorischen Wurzelfasern, aus den Protoplasmafortsätzen aber die centralwärts aufsteigenden sowie die zur Verbindung mit den Vorderhörnern bestimmten Fasern hervorgehen[2]). Hierbei lösen sich wahrscheinlich aber Fortsätze der letzteren Art zunächst in das feine Fasernetz auf, welches überall die graue Centralmasse des Rückenmarks durchzieht, und aus welchem dann erst die Nervenfasern sich sammeln (vgl. Fig. 5, S. 39). Die Zellen der Hinterhörner stehen vielleicht nur vermittelst dieses Fasernetzes mit den ein- und austretenden Nervenfasern in Verbindung[3]).

Nachdem festgestellt ist, dass die Hauptbahnen nach einer kurzen Unterbrechung durch graue Substanz in den weissen Marksträngen verlaufen, und dass der vordere Theil der letzteren für die Leitung der motorischen, der hintere für die Leitung der sensorischen Reizungsvorgänge bestimmt ist, so erhebt sich die weitere Frage, wie des näheren die Bahnen für die einzelnen Muskelgruppen und Empfindungsprovinzen des Körpers angeordnet sind. Die wenigen in dieser Beziehung mehr oder minder sicher festgestellten Thatsachen sind folgende.

---

1) Stieda, Ztschr. f. wiss. Zoologie. Bd. 18. Taf. I, Fig. 6. Die Annahme einer getrennten Leitungsbahn für die Reflexe lag der Reflextheorie Marshall Hall's zu Grunde, welche hiernach weder aus den physiologischen noch aus den anatomischen Verhältnissen sich begründen lässt. Vgl. M. Hall's Abhandlungen über das Nervensystem, übers. von Kürschner. Marburg 1840.

2) Max Schulze, Stricker's Gewebelehre I. S. 132. Gerlach ebend. S. 682.

3) Gerlach a. a. O. S. 683.

Die Seitenstränge scheinen, wie bereits hervorgehoben wurde, theils motorisch, theils sensorisch zu sein. Die motorischen Bahnen, welche im obern Theil der Seitenstränge liegen, gehören den Nerven der Athmungsmuskeln an, und sie ziehen auf der nämlichen Seite, auf welcher sie eingetreten sind, bis in das verlängerte Mark [1]). Ausserdem führen die Seitenstränge aber wahrscheinlich noch andere motorische Bahnen. Endlich liegen in ihnen die sensorischen Fasern für die Hautbezirke an der Hinterseite der unteren Extremität: die letzteren kreuzen sich zum grösseren Theil, zum kleineren bleiben sie ungekreuzt [2]). Die Empfindungsfasern, welche der Haut der Extremitäten entsprechen, scheinen die Regel einzuhalten, dass sie um so mehr nach vorn gelagert sind, je weiter die Hautprovinz, die von ihnen versorgt wird, von der Rückenmarksaxe entfernt ist: von den sensorischen Bahnen der Hinterbeine sind also die des Oberschenkels am meisten nach hinten, die des Fusses am meisten nach vorn gelagert [3]). Aehnlich sind ohne Zweifel die motorischen Leitungswege nach den functionellen Beziehungen der einzelnen Muskelgruppen gesondert: es steht also zu erwarten, dass die Bahnen für die Beuger, Strecker, Ein- und Auswärtsroller einer jeden Extremität, für die Strecker, Beuger und Seitwärtswender der Wirbelsäule ihren getrennten Verlauf nehmen, doch ist dieser für die einzelnen motorischen Bahnen noch nicht nachgewiesen [4]).

---

[1] Durchschneidung einer Hälfte des Cervicalmarks lähmt daher die Respiration auf der nämlichen Seite (Schiff, Physiologie S. 309, Pflügers Archiv Bd. 4, 1871, S. 225). Hierin findet also Bell's Ansicht, der die Seitenstränge Respirationsstränge nannte (s. oben S. 110), in einem freilich beschränkten Sinne ihre Bestätigung.

[2] Ludwig und Miescher, Sitzungsber. der kgl. sächs. Ges. der Wissensch. zu Leipzig, 1870, S. 404. Die Verfasser haben zur Erkennung der Reizbarkeit der Haut die Untersuchung des Blutdrucks benutzt: sie schliessen daher auch nur, dass die Fasern, welche reflectorisch erhöhten Gefässdruck hervorbringen, den angegebenen Verlauf nehmen. Da aber im allgemeinen den sensibeln Fasern diese Eigenschaft zukommt, so werden wir wohl annehmen dürfen, dass es sich in der That um die Nachweisung der sensibeln Leitungsbahnen hier handelt.

[3] Türck, Sitzungsber. der Wiener Akademie. Bd. 6. 1851, S. 427.

[4] Abgesehen von der Analogie mit der Empfindungsleitung wird der gesonderte Verlauf der einzelnen motorischen Fasern durch mehrere Thatsachen aus der Physiologie des Gehirns, auf die wir unten kommen werden, im höchsten Grade wahrscheinlich gemacht. Erstens nämlich treten die für verschiedene Muskelgruppen bestimmten Leitungsbahnen zum Theil in verschiedener Höhe innerhalb des verl. Marks und der Brücke von der einen auf die andere Seite. Zweitens endigen die einzelnen motorischen Bahnen in getrennten Provinzen der Gehirnrinde. Drittens können, wenn die Reflexerregbarkeit des Rückenmarks durch Einwirkung gewisser Gifte gesteigert ist, die Reflexkrämpfe entweder vorzugsweise die Strecker oder vorzugsweise die Beuger des Rumpfes und der Extremitäten ergreifen. Da dies auch nach Wegnahme des Gehirns noch der Fall ist, so liegt hierin ein directer Beweis, dass schon im Rückenmark, nicht erst in der medulla oblongata, die motorischen Bahnen in der angegebenen Weise geordnet sind. Zugleich zeigt die letzterwähnte Thatsache, dass auch in der grauen Substanz, aus welcher die peripherischen Nervenfasern entspringen, die ähnliche functionelle Scheidung besteht, dass also nicht bloss die Leitungsbahnen, sondern auch die nächsten Ursprungscentren derselben im Rückenmark von einander getrennt sind.

Die Fasern für die Ringmuskeln der Gefässe verlaufen höchst wahrscheinlich in denselben Rückenmarkssträngen wie die Leitungsbahnen der Sceletmuskeln; einige Beobachtungen machen es wahrscheinlich, dass sie nahe der Mittellinie liegen [1]). Uebrigens sind alle vasomotorischen Fasern im oberen Theil des Rückenmarks enthalten [2]).

Die Störungen der Leitung, wie sie nach partiellen Trennungen des Rückenmarks sich einstellen und uns zur Unterscheidung von Haupt- und Nebenbahnen geführt haben, bleiben nicht unverändert bestehen. Von Anfang an scheint eine Tendenz zur Ausgleichung dieser Störungen obzuwalten, welche bewirkt, dass die anfänglich vorhandenen Lähmungen der Empfindung und Bewegung sich allmälig vermindern und, wenn die Continuitätstrennung des Rückenmarks nicht sehr bedeutend war, sogar völlig verschwinden, ohne dass irgendwie der frühere Structurzusammenhang sich wieder hergestellt hätte. Diese Ausgleichung, deren physiologische Ursachen wir an einer andern Stelle zu untersuchen haben [3]), ist natürlich nur dadurch möglich, dass von Anfang an neben der Hauptbahn zahllose Nebenbahnen durch die graue Centralmasse existiren. An die Erhaltung einer Brücke grauer Substanz ist daher auch die Entstehung der Ausgleichung gebunden. Zwischen den einzelnen Bündeln der Markstränge ist keinerlei functionelle Aushülfe möglich. Wenn also z. B. das Rückenmark an einer Stelle mit Ausnahme der Hinterstränge vollständig getrennt ist, so bleibt die motorische Lähmung, wie sie anfangs eine vollständige war, auch unverändert bestehen. Der ganze Vorgang der Ausgleichung besteht demnach darin, dass, sobald eine Hauptbahn unterbrochen ist, allmälig eine Seitenbahn an die Stelle derselben tritt. Die Aushülfe, welche diese Seitenbahn leisten kann, ist aber um so vollständiger, die ursprüngliche Leitungs-

[1]) v. BEZOLD, Ztschr. f. wissensch. Zoologie Bd. 9, S. 363. SCHIFF Untersuchungen zur Physiologie des Nervensystems. Frankfurt 1855, S. 195 fand nach halbseitigen Rückenmarksdurchschneidungen Erhöhung der Temperatur am Unterschenkel und Fuss der gleichen, Verminderung an denselben Theilen der entgegengesetzten Seite. Am Rumpf und den übrigen Theilen der Extremitäten fand sich das umgekehrte Verhältniss. SCHIFF schloss daher, dass die vasomotorischen Fasern für den Unterschenkel und Fuss auf derselben Seite verbleiben, für die übrigen Theile sich kreuzen. v. BEZOLD führt jedoch dies Resultat, soweit es den Oberschenkel und Rumpf betrifft, auf das allgemeine Sinken der Körpertemperatur, welches nach Rückenmarksdurchschneidungen eintritt, zurück und nimmt daher für alle vasomotorischen Fasern eine ungekreuzte Leitung im Rückenmark an.

[2]) Bei Kaninchen und Hunden verlassen sämmtliche Gefässnerven das Rückenmark zwischen dem 2. und 11. Brustwirbel, wie v. BEZOLD daraus schliesst, dass ausschliesslich die Reizung dieses Gebietes Drucksteigerung im Aortensystem, in Folge der Verengerung der kleinen Arterien, hervorruft. Untersuchungen aus dem physiologischen Laboratorium zu Würzburg I. S. 285.

[3]) Vgl. die Cap. X und XI.

störung verschwindet um so mehr, je grösser das noch gebliebene Zellen- und Fasernetz der grauen Substanz ist, welches die Nebenleitung vermitteln kann. Dabei werden wir voraussetzen müssen, dass die so zur Hauptbahn gewordene Nebenleitung in Markfasern überführt, welche einen der ursprünglichen Hauptbahn ähnlichen Verlauf nehmen, da sie im allgemeinen in denselben motorischen und sensorischen Provinzen des Gehirns schliesslich ihr Ende finden. Aber während unter normalen Verhältnissen diese Nebenbahnen wegen der Leitungswiderstände, die der längere Weg durch die graue Centralmasse mit sich führt, nur bei sehr starken Erregungen in Mitleidenschaft gezogen werden, treten sie, nachdem die Hauptbahn unterbrochen ist, allmälig auch bei schwächeren Reizen in Function. Der Vorgang in der grauen Substanz, welcher der Ausgleichung zu Grunde liegt, muss demnach in einer Erleichterung der Leitung bestehen, die als Folgezustand der unterbrochenen Hauptleitung allmälig sich ausbildet. Eine ähnliche Ausgleichung stellt, wie wir sehen werden, auch noch nach Leitungsstörungen in den höheren Centralgebieten sich ein, aber im allgemeinen ist im Rückenmark die Ausgleichung eine vollständigere.

Mit dem Uebergang des Rückenmarks in das verlängerte Mark nehmen die Schwierigkeiten zu, welche sich der Verfolgung der Leitungswege entgegenstellen. Dies hat nicht bloss in der verwickelteren Structur, welche zugleich einen verschlungeneren Verlauf der Bahnen mit sich führt, sondern auch darin seinen Grund, dass die Erfolge, die nach Trennungen des Zusammenhangs eintreten, sich nicht mehr als einfache Unterbrechungen der Leitung, sondern als complicirtere Störungen äussern. So wird, wenn die Fortsetzungen der motorischen Stränge getrennt werden, bald nur eine Aufhebung des Willenseinflusses sichtbar, während von unwillkürlich erregten Centren aus noch eine Innervation der Muskeln erfolgen kann, bald aber treten Störungen in der Combination der Bewegungen ein, wobei das richtige Maass der letzteren aufgehoben scheint. Störungen der sensibeln Leitung sind schon beim Rückenmark schwieriger zu erkennen, und diese Schwierigkeit vergrössert sich, je näher man dem Gehirn kommt, indem nun bei vollkommener Aufhebung der bewussten Empfindung immer complicirtere Reflexe ausgelöst werden, welche für den objectiven Beobachter von bewussten Reactionen schwer zu unterscheiden sind. Alle diese Veränderungen haben offenbar darin ihre Ursache, dass die leitenden Fasern nun immer häufiger von Ansammlungen grauer Substanz, welche zugleich verschiedene Leitungsbahnen mit einander verbinden, unterbrochen werden. Bei jeder Trennung des Zusammenhangs ist daher der Einfluss, welchen die unter ihr unver-

sehrt gebliebenen Centren noch ausüben, in Rechnung zu ziehen. Hiermit steht endlich die später ausführlicher zu beweisende Thatsache in Verbindung, dass die einzelnen sensibeln und motorischen Provinzen des Körpers nicht, wie man meistens voraussetzte, einfach sondern mehrfach im Gehirn vertreten sind, indem den verschiedenen functionellen Beziehungen einer jeden Provinz verschiedene centrale Endigungen entsprechen.

Verhältnissmässig am einfachsten gestaltet sich die Beantwortung der Frage, auf welcher Seite im verlängerten Mark und in den Hirnstielen die Leitungsbahnen verlaufen, ob und wo also dieselben noch weitere Kreuzungen, ausser den schon im Rückenmark stattgefundenen, erfahren. Pathologische Beobachtungen lehren, dass beim Menschen umfangreiche Gewebszerstörungen innerhalb einer Hemisphäre regelmässig vollständige motorische und sensible Lähmung auf der entgegengesetzten Körperhälfte bewirken, während auf der nämlichen Seite Bewegung und Empfindung erhalten bleiben. Bei den Vierfüssern ist die Lähmung auf der entgegengesetzten Seite in diesem Fall keine vollständige, während auf der nämlichen Spuren einer solchen zu finden sind. Man hat hieraus geschlossen, dass beim Menschen eine totale, bei den Vierfüssern nur eine partielle Kreuzung stattfinde [1]). Aber diese Deutung ist sehr zweifelhaft. Erstens besitzen bei den niederern Säugethieren die in den Vier- und Sehhügeln gelegenen Centren, deren Fasern auch beim Menschen nur eine partielle Kreuzung erfahren, offenbar eine grössere Selbständigkeit [2]). Zweitens hat die Reizung der motorischen Centralpunkte in der Grosshirnrinde auch bei den Säugethieren eine gekreuzte Wirkung [3]). Es scheint demnach die Annahme gerechtfertigt, dass jene Unterschiede nur in dem functionellen Uebergewicht der verschiedenen Hirntheile, der Grosshirnlappen beim Menschen, der hinteren Hirnganglien bei den niederern Säugethieren, ihren Grund haben.

In Bezug auf die Orte, an denen der Faserübertritt geschieht, hat der physiologische Versuch folgendes ergeben. Die Kreuzung beginnt nach Schiff etwa an der Stelle, wo der Centralkanal sich zur Rautengrube eröffnet. Hier treten diejenigen Fasern auf die andere Seite, welche die Bewegung der Wirbelsäule und des Kopfes bewirken; weiter oben, nahe der Brücke, kreuzen sich dann die Bahnen für die Hinterextremitäten; an der Grenze der Brücke sollen die für die Bewegung der Wirbelsäule und des Kopfes bestimmten Fasern wieder eine Rückwärtskreuzung auf die ursprüngliche Seite erfahren, während in gleicher Höhe die Kreuzung für die

---

1) Schiff, Lehrbuch der Physiologie I, S. 363.

2) Vgl. Cap. V.

3) Siehe den Schluss dieses Capitels.

Muskeln der Vorderextremitäten beginnt [1]. Wahrscheinlich vollendet sich die letztere während des Verlaufs durch die Brücke, denn in den Hirnschenkeln von der Grenze des Pons bis ungefähr zur Höhe des grauen Höckers sind nach AFANASIEFF die motorischen Bahnen für beide Extremitäten gekreuzt; die Fasern für die Rücken- und Halsmuskeln erfahren endlich in der Höhe des grauen Höckers ihre zweite und definitive Kreuzung, so dass von da an eine halbseitige Durchschneidung des Hirnschenkels Lähmung (Hemiplegie) der ganzen Muskulatur auf der entgegengesetzten Körperhälfte verursacht [2]. Die sensorischen Bahnen sollen nach SCHIFF sämmtlich während des Verlaufs durch die Brücke ihre Kreuzung erfahren, da halbseitige Trennung des verlängerten Marks im wesentlichen dieselben Erscheinungen nach sich ziehe wie halbseitige Durchschneidungen am Rückenmark, während in den Hirnschenkeln die vollständige Kreuzung bereits vollzogen sei [3].

Die Deutung dieser Ergebnisse ist wiederum zweifelhaft. Ein Schluss liesse sich auf dieselben nur gründen, wenn entweder die Voraussetzung, von der man ausgieng, dass es nur eine motorische und sensorische Bahn nach dem Gehirn gebe, richtig wäre, oder wenn man die Sicherheit gewinnen könnte, dass sie sich nur auf eine der Leitungen, die für jede peripherische Körperprovinz existiren, beziehen. Auch letzteres ist aber durchaus nicht der Fall. Im Gegentheil ist es wahrscheinlich, dass bald diese bald jene Faserstränge vorzugsweise durch den operativen Eingriff getroffen wurden [4].

Sind dergestalt die Ergebnisse, die sich über den Verlauf der Leitungswege im Grossen und Ganzen auf physiologischem Wege gewinnen lassen,

---

[1] SCHIFF, Lehrbuch der Physiologie I, S. 320.

[2] AFANASIEFF, Wiener medicinische Wochenschrift. 1870. No. 9 u. 10. S. 137 u. 153. Die Punkte der Kreuzung während des Verlaufs der motorischen Bahnen durch den Pons zu bestimmen, ist deshalb unmöglich, weil Verletzungen dieses Hirntheils wegen der Mitbetheiligung des Kleinhirns in Folge der Trennung seiner Brückenarme so intensive Bewegungsstörungen zur Folge haben (vgl. Cap. V), dass an eine genaue Diagnose der Hemiplegie nicht zu denken ist.

[3] SCHIFF a. a. O. S. 304, 321. AFANASIEFF a. a. O. S. 153. Dieselben Umstände, welche es unmöglich machen die Kreuzungsstellen für die motorischen Bahnen im Pons näher zu bestimmen, gelten natürlich auch in Betreff der sensorischen Leitung. Die aufgeführten Resultate gelten übrigens nur für Säugethiere. Bei Vögeln lässt sich zwar nachweisen, dass ebenfalls die Mehrzahl der Bahnen eine Kreuzung erfährt, wo aber letztere stattfindet ist nicht ermittelt. Bei niederern Wirbelthieren scheint sogar der rechtläufige Weg vorzuwalten. Nach Wegnahme der einen Hemisphäre beim Frosch sah ich regelmässig auf der verletzten Seite die Kraft der Bewegung vermindert, dagegen die Reflexerregbarkeit vermehrt, letzteres ohne Zweifel wegen der in Cap. VI zu besprechenden Hemmung der Reflexe durch den Einfluss der höheren Nervencentren.

[4] Nach den eingeschlagenen Verfahrungsweisen darf man vermuthen, dass in SCHIFF's Versuchen vorzugsweise der obere Theil der Hirnschenkel, d. h. die Haube

von beschränktem Werthe, so kann der nähere Verlauf der einzelnen Bahnen fast noch weniger durch den Versuch sichergestellt werden. Partielle Durchschneidungen scheinen zu lehren, dass die sensorischen Fasern im verlängerten Mark eine seitliche Lage annehmen[1]). Diese Lageänderung ist schon eine beträchtliche Strecke vor Eröffnung der Rautengrube bemerkbar, sie kann also nicht bloss in dem Auseinanderweichen der Markstränge an der Stelle der Rautengrube ihren Grund haben, sondern sie weist darauf hin, dass die hinteren Stränge des verl. Marks nicht unmittelbare Fortsetzungen der Hinterstränge des Rückenmarks sind. In der That wird dies durch die anatomische Untersuchung vollständig bestätigt, indem dieselbe zeigt, dass die strickförmigen Körper aus grauen Massen der medulla oblongata erst ihren Ursprung nehmen, während die Hinterstränge theils aufhören, indem sie in andern grauen Massen ihr Ende finden, theils aber aus ihrer früheren Stelle zur Seite und in die Tiefe verdrängt werden. Ein ähnliches Resultat ergibt die Aufsuchung der motorischen Leitungsbahn. Diese scheint nur zum Theil in den Pyramiden, welche die Stelle der früheren Vorderstränge einnehmen, enthalten zu sein; dagegen soll Durchschneidung der zur Seite der Pyramiden die Olivenkerne einhüllenden Stränge, der Hülsenstränge, partielle Lähmungen nach sich ziehen[2]). Auch hier zeigt die Anatomie den Grund dieses Verhaltens darin, dass die Fortsetzungen der Vorderstränge des Rückenmarks durch die Pyramiden und durch die Olivenkerne theils zur Seite theils in die Tiefe gedrängt werden. Die Lageänderungen der Leitungswege sind also durch das Auftreten neuer Gebilde in der medulla oblongata bedingt, welche zwischen die direct zum Gehirn aufsteigenden Fasern sich einschieben. Welcher Art sind nun jene Gebilde, und in welcher Beziehung stehen sie zu den sensorischen und motorischen Bahnen?

und Schleife, die sich zu den Seh- und Vierhügeln begeben, in Afanasieff's Versuchen dagegen der Hirnschenkelfuss, der theils zu den vorderen Hirnganglien theils direct zur Grosshirnrinde emporsteigt getroffen wurden. Aber bei dem nahen Zusammenhange aller dieser Theile des Hirnschenkels ist natürlich die isolirte Trennung eines Theils um so weniger anzunehmen, als eine solche nicht einmal versucht worden ist, so dass selbst die Experimente eines und desselben Beobachters schwerlich unter sich vergleichbar sind. Möglich, dass das sonderbare Resultat, wonach zuerst Kreuzung, dann Rückwärtskreuzung und hierauf erst definitive Kreuzung der für Wirbelsäule und Kopf bestimmten motorischen Fasern stattfinden soll, sich aus einer solchen Trennung verschiedenartiger Leitungsbahnen erklärt. Liegen, wie die unten zu erwähnenden anatomischen Thatsachen fast zweifellos machen, die direct zur Grosshirnrinde emporsteigenden Fasern sämmtlich im Hirnschenkelfuss, so ist es sogar wahrscheinlich, dass dieselben sämmtlich schon vor dem Eintritt in die Brücke sich kreuzen, da höher oben nirgends mehr Kreuzungsfasern zwischen den vertical aufsteigenden Strängen nachzuweisen sind. Dann würden also auch in Afanasieff's Versuchen die auf höher stattfindende Kreuzungen hinweisenden Resultate auf einer Trennung tiefer gelegener Theile beruhen, die der Haube des Hirnschenkels angehören.

1) Schiff a. a. O. S. 310.
2) Schiff ebend. S. 311.

Für die Beantwortung dieser Frage kann uns vorläufig nur die Anatomie Anhaltspunkte darbieten.

Beginnen wir an der Vorderfläche des verl. Marks, so scheinen hier die **Pyramiden** unmittelbar aus den Seitensträngen des Rückenmarks hervorzugehen, während die Vorderstränge durch sie zur Seite gedrängt werden. In der That bestätigt die mikroskopische Untersuchung für den grössten Theil der Pyramidenstränge diesen Ursprung; ebenso zeugt für denselben die Thatsache, dass atrophische Degenerationen der Nervenfasern, die von den Hirnschenkeln in die Pyramiden übergehen, aus diesen sich regelmässig durch die Pyramidenkreuzung in den gegenüberliegenden Seitenstrang fortsetzen[1]. Ein kleiner Theil der Pyramidenfasern kommt aber von der zerklüfteten grauen Substanz der Hintersäulen (der formatio reticularis). Er gehört wahrscheinlich der Fortsetzung der sensorischen Leitungsbahn zu; man vermuthet, dass er in den obersten, aus feineren Bündeln bestehenden Theil der Pyramidenkreuzung übergeht, der sich auch in seinem weiteren Verlaufe der sensorischen Hauptleitung anschliesst[2]. Ein anderer Theil der denselben Verlauf nehmenden Fasern steht vielleicht mit den Kernen der hier aus dem verl. Mark entspringenden motorischen Nerven, namentlich des Accessorius, in Verbindung. Da somit die Mehrzahl der Pyramidenfasern unmittelbare Fortsetzung der Seitenstränge ist, aus welchen, wie wir gesehen haben, vorwiegend motorische Fasern, insbesondere im oberen Theil des Rückenmarks die Fasern der Respirationsnerven entspringen, so werden wir die Hauptmasse der Pyramiden mit Wahrscheinlichkeit als die Fortsetzung eines Theils der motorischen Leitungsbahn, welcher namentlich auch die centralen Fasern der Respirationsnerven enthält, ansehen dürfen; nur ein kleiner Theil der Pyramidenfasern, und zwar derjenige, der den obersten Theil ihrer Kreuzung bildet, stellt eine Fortsetzung der sensorischen Hauptbahn des Rückenmarks dar[3].

---

[1] Türck, Wiener Sitzungsber. Bd. 6, S. 288, Bd. 11, S. 93.

[2] Meynert, Gehirn, in Stricker's Gewebelehre S. 804.

[3] Ueber kein Gebilde des verl. Markes gehen wohl die Ansichten weiter auseinander als über die Pyramiden. Während Stilling und Deiters schlossen, dass dieselben im verl. Mark erst aus grauen Kernen entstehen, kehrten neuerdings Meynert und Henle zu der früheren Ansicht zurück, wonach ihre Fasern theils aus dem Seitenstrang, theils aus dem Hinterstrang stammten, und Meynert glaubte, namentlich für den Menschen, mit Bestimmtheit annehmen zu dürfen, dass die grosse Mehrzahl ihrer Fasern eine nicht durch graue Substanz unterbrochene Fortsetzung des Seitenstrangs sei. Nicht minder widersprechen sich die Physiologen. Während Schiff nach der isolirten Durchschneidung der Pyramiden in den wenigen Fällen, in denen diese schwierige Operation glückte, keine Bewegungsstörung auftreten sah (Physiologie S. 305), betrachtet Brown-Séquard hauptsächlich auf Grund pathologischer Erfahrungen wieder mit den älteren Physiologen die Pyramiden als die Hauptfortsetzung der motorischen Leitungsbahn (Lectures p. 199). Brown-Séquard schliesst dies hauptsächlich aus der Beobachtung, dass halbseitige Erkrankung oberhalb der Kreuzungsstelle der Pyramiden, z. B. schon im Pons Varoli, beim Menschen complete Lähmung auf der entgegengesetzten Körper-

Die Oliven, welche zu beiden Seiten der Pyramiden als Erhabenheiten hervortreten, und die strickförmigen Körper, welche hinten die Rautengrube begrenzen, stehen, wie die mikroskopische Untersuchung höchst wahrscheinlich macht, mit einander in directer Beziehung. Beide Gebilde, sowie das die ganze Oberfläche des verl. Marks umgürtende zonale Fasersystem hängen mit dem Auftreten des kleinen Gehirns zusammen. Der gefaltete graue Kern der Oliven (*O* Fig. 47) ist an seiner Aussenseite von zonalen Fasern (*Z*) bedeckt, welche, das verlängerte Mark umgürtend, in die strickförmigen Körper und deren Fortsetzungen, die Kleinhirnstiele (*MFC*), umbiegen; sie dringen grossentheils zwischen Olive und Pyramide (bei XII) in das Mark ein, überschreiten die Mittellinie und treten auf der entgegengesetzten Seite (bei *Oi*) in den Hilus der andern Olive, wo sie ohne Zweifel mit den Nervenkörpern derselben zusammenhängen. Andere bogenförmige Fasern, welche einen ähnlichen Verlauf nehmen, liegen in der Tiefe, von der Olive bedeckt (*Am*, *As*): auch sie scheinen, wenigstens zum grössten Theil, die Olive der gleichen Seite nur zu durchsetzen oder aber hinter ihr über die Mittellinie nach der entgegengesetzten Seite zu laufen, um dort in der Olive zu endigen. Die vorderen dieser Bogenfasern (*Am*) schliessen dem äussern, die hinteren (*As*) dem innern Theil des Kleinhirnstiels sich an. Eine der Olive ähnliche Bedeutung hat ein weiter oben gelegener Ganglienkern, die so genannte obere Olive[1]. Die aus der letzteren hervorkommenden Fasern sollen aber grossentheils in den Kleinhirnstiel der nämlichen Seite eintreten[2]. Beide

---

seite, halbseitige Zerstörung des Rückenmarks solche auf der gleichen Körperseite nach sich ziehe; allein bei Affection der Pyramiden selber soll, auch wenn diese nur einseitig ergriffen sind, doch die Störung eine beiderseitige sein. Im vorliegenden Fall ist nun in der That der pathologischen Beobachtung wohl mehr Gewicht als dem physiologischen Experiment beizulegen. Durchschneidungen der vordern Stränge der med. oblongata sind mit so bedeutenden Eingriffen verbunden, dass kaum zweifellose Resultate zu gewinnen sind, um so mehr, wenn, wie die anatomische Untersuchung annehmen lässt, die Pyramiden allerdings nur einen Theil der motorischen Leitungsbahnen enthalten. Daher bedürfen wohl auch die Angaben Brown-Séquard's einer Berichtigung, insofern in den Pyramiden nur ein Theil der motorischen Fasern auf die andere Seite übertritt, während andere wahrscheinlich schon im Rückenmark, in der zwischen den Vordersträngen verlaufenden vordern Commissur, und noch andere erst höher oben sich kreuzen. Für dieses Verhalten spricht, abgesehen von den früher erwähnten halbseitigen Durchschneidungsversuchen die pathologische Thatsache, dass Degenerationen, die von Erkrankungsheerden in den motorischen Provinzen des Grosshirns ausgehen, sich durch die Pyramidenkreuzung in den entgegengesetzten Seitenstrang, in vielen Fällen aber ausserdem in den gleichseitigen Vorderstrang fortsetzen, wo sie allmälig, wahrscheinlich in dem Maasse als durch Kreuzung von Vorderstrangbündeln eine Vermischung mit intacten Leitungsbahnen eintritt, verschwinden. (Türck a. a. O.)

[1] Sie ist beim Menschen vom unteren Ende der Brücke bedeckt; bei den Säugethieren, welche eine kürzere Brücke besitzen, bildet sie eine Anschwellung unter derselben, das corpus trapezoides.

[2] Der Zusammenhang der Oliven mit den Kleinhirnstielen durch das zonale Fasersystem wurde von Deiters nachgewiesen (Untersuchungen über Gehirn und Rückenmark S. 264, 301). Meynert zeigte dann, dass die Verbindung der unteren Oliven mit

Oliven nehmen zweifelsohne Fasern in sich auf, welche aus dem Rückenmark herstammen, und es ist wahrscheinlich, dass sie diese Fasern aus den Hintersträngen beziehen, welche mit dem Entstehen der Oliven und der strickförmigen Körper plötzlich ausserordentlich reducirt werden. Ihre spärlichen Reste liegen unmittelbar unter den Kleinhirnstielen, wo sie sich durch gelatinöse Substanz (*G*), welche offenbar die Fortsetzung der gelatinösen Substanz der Hinterhörner des Rückenmarks ist (*f* Fig. 8 S. 15), verrathen. Die Verbindung der Hinterstränge mit den Oliven geschieht wohl durch Fasern, die theils in der Mittellinie oder Raphe (*R*) von hinten nach vorn ziehen, um dann den innersten Theil der Gürtelschichte *Z* zu bilden, aus welchem sie von aussen in den Olivenkern eintreten, theils durch andere, die einen mehr schrägen Verlauf nehmen und so die netzförmige Substanz, welche den Markkern einnimmt, bei *MF1* durchbrechen[1]. Man vermuthet, dass die grauen Kerne, welche im obersten Theil der Hinterstränge, unmittelbar wo sich über den letzteren die Rautengrube eröffnet, gelegen sind, diese Umlenkung der Hinterstrangfasern aus der seitherigen verticalen in die transversale Richtung bewirken[2]. Somit zweigt sich die durch die Oliven zum Kleinhirn gehende Leitung höchst wahrscheinlich von der sensibeln Leitungsbahn ab, indem sie aus den Hintersträngen in die Kleinhirnstiele, und zwar grossentheils in die Kleinhirnstiele der entgegengesetzten Seite überführt. Dieser Bedeutung der zum Kleinhirn aufsteigenden Bahn entspricht es, dass der wichtigste aus der medulla oblongata entspringende Sinnesnerv, der Hörnerv, wahrscheinlich

den Kleinhirnstielen höchst wahrscheinlich grossentheils eine gekreuzte ist; hierfür wird von ihm ausser der Verlaufsweise der Fasern die Beobachtung angeführt, dass Atrophie einer Kleinhirnhälfte mit Atrophie der entgegengesetzten Olive verbunden zu sein pflege (a. a. O. S. 768). SCHRÖDER VAN DER KOLK glaubte, die untere Olive stehe durch Faserbündel mit dem Hypoglossuskern, die obere mit dem Facialiskern in Zusammenhang, er vermuthete daher in beiden Ganglien Centren für die mimischen Bewegungen, die Schluck- und Sprachbewegungen (Bau und Functionen der medulla spinalis und oblongata S. 161, 165). Aber weder DEITERS (a. a. O. S. 258) noch MEYNERT (a. a. O. S. 763) konnten eine wirkliche Verbindung jener Nervenkerne oder der aus ihnen hervorkommenden Wurzelfasern mit den Olivenkernen nachweisen; die von LENHOSSEK und SCHRÖDER angenommenen Commissurenfasern zwischen beiden Oliven sind nach MEYNERT Kreuzungsfasern, welche in den Kleinhirnstiel der entgegengesetzten Seite übergehen (S. 767, Fig. 257).

[1] Von den hintersten dieser Fasern nimmt MEYNERT an, dass sie nicht, wie die meisten, den Hinterstrang mit der Olive der nämlichen Seite verbinden, sondern dass sie gekreuzt laufen. Ihnen würden dann muthmasslich solche Fortsetzungen entsprechen, welche von der Olive zum Kleinhirnstiel der nämlichen Seite treten. (A. a. O. S. 768.) Darnach würde existiren 1) die Hauptverbindung, geradläufig zwischen Hinterstrang und Olive, gekreuzt zwischen Olive und Kleinhirn, 2) nebenbei eine schwächere Verbindung gekreuzt zwischen Hinterstrang und Olive, geradläufig zwischen Olive und Kleinhirn.

[2] In Folge der Einlagerung dieser grauen Kerne sind die obersten Enden des Hinterstrangs, der zarte Strang und Keilstrang, kolbenförmig verdickt (Fig. 19). Diese Massezunahme ist nur durch die grauen Kerne im Innern bedingt; die Markfasern des Hinterstranges haben an der nämlichen Stelle in Folge ihres Ueberganges in bogenförmige Fasern, welche sich nach vorne gegen die Oliven wenden, bereits abgenommen.

ebenfalls mit dem Kleinhirn in Verbindung gesetzt ist (Fig. 47 VIII). Aus den grauen Kernen, aus welchen die peripherischen Wurzelfasern des Acusticus hervorgehen, entspringen nämlich centralwärts verlaufende Fasern, welche sich theils auf der nämlichen Seite theils nach eingetretener Kreuzung



Fig. 47. Querschnitt des verl. Marks vom Menschen in der Höhe der obersten Vaguswurzeln, nach Meynert. *P* Pyramide. *O* Olive. *Oi*, *Oe* Innere und äussere Nebenolive. *Z* Zonale Fasern, welche die Olive umgeben. *Am*, *As* Tiefer gelegene bogenförmige Fasern, von denen die vorderen *Am* in den äussern, die hinteren *As* in den innern Theil des Kleinhirnstiels übergehen. *MFC* Aeussere, *SFC* innere Abtheilung des Kleinhirnstiels. *VIII* Fasern des Hörnerven. X, X^1 Vagusfasern. X^2 Vorderer Vaguskern. X^3 Runde Erhabenheit mit dem hinteren Vaguskern. X^4 Hintere Wurzelfasern des Vagus. *XII* Wurzelfasern des zwölften Hirnnerven (Hypoglossus). *R* Raphe. *MFJ* Vorderstrangreste, *MFE* Netzförmig durchbrochene Substanz und Seitenstrangreste. *G* Gelatinöse Substanz und Hinterstrangreste.

gegen den Kleinhirnstiel zu wenden scheinen [1]). Auch der grösste sensible Nerv, der aus der medulla oblongata hervorkommt, der Trigeminus, bezieht einen Theil seiner Wurzelfasern aus der Gegend des Kleinhirnstiels,

[1]) Am wahrscheinlichsten erscheint schon vermöge seiner nahen Lage beim Kleinhirnstiel die Verbindung des äusseren Acusticuskerns mit demselben, sie ist nach Meynert

so dass man geneigt ist eine Verbindung auch dieses Nerven mit dem Cerebellum vorauszusetzen [1]). Ob ausserdem centrale Fortsetzungen motorischer Leitungsbahnen sich in das kleine Gehirn abzweigen, ist ungewiss; jedenfalls werden wir annehmen dürfen, dass die grosse Mehrzahl der Fasern, welche in den unteren Kleinhirnstielen abgehen, mit sensorischen Bahnen im Zusammenhang stehe [2].

---

eine ungekreuzte, während die Verbindung des mehr der Mittellinie genäherten inneren Kerns nach seiner Vermuthung eine gekreuzte sein soll. Vgl. MEYNERT S. 781 und Fig. 235. Von DEITERS, der dem Acusticus einen den Rückenmarksnerven völlig analogen Ursprung zuschreibt, wird jede Verbindung desselben mit dem Kleinhirn geleugnet (a. a. O. S. 296). HENLE dagegen scheint sogar, wie früher schon FOVILLE, eine directe Einstrahlung von Acusticusfasern in die Kleinhirnstiele, ohne die Zwischenstation der Nervenkerne, anzunehmen (Systemat. Anatomie III, S. 240). Nach MEYNERT lassen sich Verbindungen der centralwärts verlaufenden Fasern mit den Grosshirnschenkeln nicht nachweisen: er hält es daher für möglich, dass der Acusticus, abweichend von allen übrigen sensibeln Nerven, nur vermittelst der über das Kleinhirn gehenden Seitenbahn mit dem grossen Gehirn in Verbindung stehe. Dem widersprechen aber entschieden die Resultate der Vivisection sowohl wie pathologische Beobachtungen, welche lehren, dass das Kleinhirn entfernt werden oder im grössten Theil seiner Masse degeneriren kann, ohne dass die Schallperception gestört ist. (Vgl. R. WAGNER, Göttinger Nachrichten 1860 No. 4. S. 34. LADAME, Hirngeschwülste S. 95.) In den wenigen Fällen, wo dennoch Abnahme oder Verlust des Gehörs beobachtet wurde, kann dies leicht durch einen Druck auf die Ursprungskerne des Acusticus herbeigeführt sein. Hiernach lässt sich nicht bezweifeln, dass neben dem Weg über das Kleinhirn noch eine direct aufsteigende Bahn des Hornerven existirt. Der Verlauf derselben ist aber noch unbekannt. Ein am Boden der Sylvischen Wasserleitung gelegenes Längsbündel, das s. g. hintere Langsbündel (hl Fig. 49), welches MEYNERT früher für eine solche Fortsetzung hielt (LEIDESDORFF's Lehrb. der psych. Krankheiten, 2te Aufl. S. 69), hält dieser Anatom neuerdings ebenfalls für einen Vorderstrangrest, als welcher dasselbe schon von STILLING erkannt wurde.

[1] MEYNERT S. 777. Es ist der obere Trigeminuskern STILLING's, aus welchem diese Fasern hervorkommen; nur wenige derselben gehören der grossen sensibeln, die meisten der kleinen motorischen Partie des Trigeminus an. STILLING, Untersuchungen über den Bau des Hirnknotens. Jena 1846. S. 124, 127, Taf. 15—17 und Taf. 20, Fig. 30—34.

[2] Für die Abzweigung motorischer Bahnen nach dem kleinen Gehirn könnten möglicher Weise zwei Gründe angeführt werden: erstens die von manchen Beobachtern angegebene Umbeugung von Fasern der die Oliven umgebenden Hülsenstränge in die grauen Kerne derselben, und zweitens das Vorkommen grosser, den motorischen Zellen des Rückenmarks gleichender Ganglienzellen in den strickförmigen Körpern. Aber jene scheinbare Umbeugung von Fasern der Hülsenstränge beruht wahrscheinlich auf einer Verwechslung mit solchen der Gürtelschichte, und die Grösse der Nervenzellen steht nur in den Ruckenmarkshörnern und in den ihnen entsprechenden Nervenkernen der medulla oblongata, nicht aber mehr in den Ganglienkernen in directer Beziehung zur sensiblen und motorischen Natur der Leitungsbahnen. So gehören insbesondere auch schon die Kerne der Keil- und zarten Stränge, die das obere Ende des Hinterstranges bilden, der grosseren Form an (KÖLLIKER, Gewebelehre, 5te Aufl. S. 285, HENLE, System. Anat. III. S. 186). Der anatomischen Lagerung ihres Kernes nach hat man namentlich eine Verbindung der portio minor trigemini vermuthet; da aber aus der nämlichen Gegend noch einige Bündel zur sensibeln Portion des Trigeminus hervorkommen, so könnte der letzteren die Verbindung mit dem Cerebellum angehören, wofern überhaupt fur den Trigeminus eine solche existirt. (S. oben.) MEYNERT vermuthet ausserdem einen Zusammenhang des Hypoglossus mit den Kleinhirnstielen, eine Annahme, welche sich ubrigens nur auf die äussere Anlagerung zonaler Fasern an centrale Hypoglossusbündel, die zu den Pyramiden aufsteigen sollen, gründet (a. a. O. S. 792).

Ausser der Zweigleitung, welche von Theilen der vormaligen Hinterstränge und von den sensibeln Nervenkernen der medulla oblongata theils durch die beiden Oliven theils direct nach dem kleinen Gehirn führt, sind im verl. Mark jedenfalls Verbindungsbahnen gelegen, welche der schon im Rückenmark existirenden Leitung zwischen der sensorischen und motorischen Bahn analog sind. Auf sie können wir aus den physiologischen Eigenschaften jenes Organs zurückschliessen. Es gehen nämlich von demselben mehrere unwillkürliche Bewegungen aus, welche theils durch Reize, die im Mark selbst entstanden sind, theils durch Eindrücke auf eine grössere Zahl sensibler Nerven beeinflusst werden: so die Athem- und Herzbewegungen, die Contractionen der Blutgefässe und wahrscheinlich noch andere combinirte Bewegungen[1]. Alle diese Bewegungen weisen auf vielfache Zusammenhänge zwischen den Ursprungspunkten verschiedener und gleichartiger Nerven hin. Bis jetzt sind aber die betreffenden Verbindungen anatomisch noch nicht aufgefunden. Es ist möglich, dass manche der kleineren in der medulla oblongata gelegenen Ganglienkerne, deren Bedeutung noch unaufgeklärt geblieben ist, zu solcher Verknüpfung bestimmt sind.

In Folge der angegebenen Verhältnisse werden die Bahnen, welche die directe Leitung zwischen dem Rückenmark und dem grossen Gehirn vermitteln, aus der Lage, die sie im Rückenmark einnehmen, verdrängt. Die motorischen Vorderstränge werden durch die Pyramiden zur Seite und nach hinten geschoben, ein Theil von ihnen begrenzt die Olivenkerne nach innen in der Form des so genannten innern Hülsenstrangs (hinter XII Fig. 47), ein anderer kommt hinter die Pyramiden zu liegen, wo er zu beiden Seiten der Mittellinie eine Schichte verticaler Fasern bildet, die sich bis gegen den grauen Boden des Centralkanals und der Rautengrube erstreckt (*M T J*); dicht unter dem grauen Boden der letzteren, im Innern der runden Erhabenheiten, bemerkt man noch ein von den übrigen Vorderstrangresten gesondertes Bündel, das hintere Längsbündel, welches auch in seinem weiteren Verlaufe geschieden bleibt (*hl* Fig. 49)[2]. Von den Seitensträngen wurde bereits angegeben, dass sie jedenfalls zu einem grossen Theil in die Pyramiden übergehen. So weit dies nicht der Fall ist, nehmen sie nach aussen von den zur Seite der Raphe befindlichen Vorderstrangresten (bei *M F E*) ihre Lage, wo sie noch mehr als die letzteren durch die mit dem zonalen System zusammenhängenden Querfasern und durch eingestreute Ganglienzellen zerklüftet werden; ihre vordersten Antheile gehen in die äusseren Begrenzungsbündel der Oliven, den äusseren

---

1) Vgl. Cap. V.

2) Meynert a. a. O. S. 761.

Hülsenstrang, über (Fig. 47 zwischen *A m* und dem Olivenkern)[1]. Von den Hintersträngen, so weit dieselben nicht die Bahn nach dem kleinen Gehirn einschlagen, wendet sich, wie oben bemerkt wurde, ein Theil nach vorn und bildet den obersten Abschnitt der Pyramidenkreuzung, der Rest läuft wahrscheinlich nach aussen von den Seitenstrangresten, unmittelbar bedeckt von den Kleinhirnstielen (bei *G*), nach oben, er ist an der in ihn eingeschlossenen gelatinösen Substanz kenntlich, welche aus den Hinterhörnern des Rückenmarks hierher sich fortsetzt[2].

So sind denn die direct in die Grosshirnschenkel eintretenden Stränge des verl. Marks in folgender Weise übersichtlich geordnet: vorn die sich kreuzenden Pyramiden (*P*), in ihrem grösseren unteren Abschnitt Fortsetzungen der Seitenstränge des Rückenmarks, und zwar des motorischen Antheils derselben, in ihrem oberen kleineren Abschnitt Kreuzungsbündel der sensorischen Hinterstränge; hinter den Pyramiden und zum Theil nach aussen von denselben die Fortsetzungen der motorischen Vorderstränge (*M T J*), weiter nach aussen die Reste der Seitenstränge in der Form der zerstreuten verticalen Fasern der netzförmigen Substanz (*M F E*) und endlich nach aussen von dieser, dicht unter dem Kleinhirnstiel, die Reste der Hinterstränge (*G*). Zwischen den Seiten- und Vorderstrangresten, welche sich nach hinten bis nahe an den Boden des Centralkanals und der Rautengrube erstrecken, bilden im untern Abschnitt des verl. Marks die Wurzelbündel des zwölften Hirnnerven (XII) die Grenze.

Ehe wir die auf solche Weise nach dem grossen Gehirn aufsteigenden Markstränge weiter verfolgen, wollen wir zunächst jener Zweigbahn nachgehen, welche ein Theil der Hinterstränge nebst einigen in den Nervenkernen des verl. Markes selbst wurzelnden Fasern nach dem kleinen Gehirn einschlägt.

Das kleine Gehirn der Säugethiere enthält, wie früher bemerkt wurde, graue Substanz in der Form von Ganglienkernen und als Rindenbeleg der ganzen Oberfläche. Die bedeutendsten Ganglienkerne bilden die den Oliven gleichenden gezahnten Kerne in dem Inneren einer jeden Hemisphäre (Fig. 21 *c n*); ausserdem findet sich ein kleinerer Kern im

[1] Burdach hatte angegeben, dass die Hülsenstränge aus den Vordersträngen des Rückenmarks stammen (Bau und Leben des Gehirns II, S. 33, 35). Stilling wies dann nach, dass dies nur hinsichtlich der auf der innern Seite die Oliven bedeckenden Fasern richtig ist, während er die äussern aus dem vordern Theil des Seitenstranges ableitet (über den Hirnknoten S. 25, dazu Taf. I *d, e*). Vgl. a. Henle S. 186 und Fig. 117. Nach Meynert sollen Fasern der Hülsenstränge umbiegen und in die Kerne der Oliven eindringen (Stricker's Gewebelehre S. 763).

[2] Stilling, über den Bau des Hirnknotens. Taf. I *g, t*.

Wurm, in der Markplatte, welche das Dach des vierten Ventrikels bildet und nach vorn in das vordere Marksegel sich fortsetzt: der Dachkern Stilling's [1]. Ueber die Beziehung der in das Kleinhirn ein- und aus ihm austretenden Fasern zu diesen verschiedenen Gebilden aus grauer Substanz lässt im wesentlichen folgendes sich ermitteln. (Vergl. Fig. 19 S. 60.) Die Fasern der strickförmigen Körper verlieren sich im Mark des kleinen Gehirns, indem sie um den gezahnten Kern, namentlich an seinem vordern Rand, umbiegen und dann, ohne mit der grauen Substanz desselben in Verbindung zu treten, von seiner obern Fläche gegen die Rinde ausstrahlen, um augenscheinlich in derselben zu endigen. Aus der Rinde gehen sodann die transversalen Fasern hervor, welche die mehr longitudinalen Ausstrahlungen des Strickkörpers kreuzen, um sich zu den mächtigen Brückenarmen zu sammeln. Aus dem Innern der gezahnten Kerne kommen endlich diejenigen Bündel, welche in die Fortsätze des Kleinhirns zum grossen übergehen; eine Faserverbindung zwischen dem gezahnten Kern und der Rinde ist nicht nachgewiesen, doch wird man eine solche immerhin als wahrscheinlich betrachten können, sie würde mit den Ausstrahlungen der Strickkörper und der Brückenarme die äusseren Theile des Marks einnehmen, während die innersten von den Fortsätzen zum grossen Gehirn gebildet werden [2]. Der wahrscheinliche Verlauf der Faserzüge nach und in dem Kleinhirn ist demnach folgender: Die durch die untern Kleinhirnstiele aus dem verl. Mark zugeleiteten Fasern endigen in der Rinde, von der letzteren gehen sodann zwei Systeme von Fasern aus: das eine geht direct in die Brückenarme über, um, wie wir sehen werden, im vordern Theil der Brücke in grauen Massen zu endigen, aus welchen neue vertical aufsteigende Fasern hervorkommen, die dem Fuss des Grosshirnschenkels sich anschliessen; das zweite Fasersystem verbindet, wie wir vermuthen, die Rinde mit dem gezahnten Kern, aus welchem letzteren die vertical aufsteigenden Fasern der oberen Kleinhirnstiele oder Bindearme entstehen. Diese treten mit den Fortsetzungen der Rückenmarksstränge nach oben, wobei sie convergiren, so dass sie nach vorn vom oberen Ende der Brücke die Mittellinie erreichen und eine Kreuzung eingehen. Sie durchsetzen hierauf die Haubenbündel, um in dem rothen Kern der Haube ihr nächstes Ende zu finden. Ihr weiterer Verlauf von da aus ist nicht sicher nachgewiesen. Die Lage des rothen Kerns sowie der Zug einzelner ihn zunächst umgebender Markbündel rechtfertigen die Vermuthung, dass dieses Ganglion zum Theil mit

[1] Meynert Fig. 255 *T* S. 782, Henle Fig. 159, S. 226.

[2] Henle S. 236. Der unterste Theil des Strickkorpers nimmt jedoch nach Meynert einen von dem übrigen abweichenden Verlauf, indem er unter allen Markbündeln am meisten nach innen zu liegen kommt und in dem Stilling'schen Dachkern endigt. Meynert a. a. O. S. 797.

dem Sehhügel in Zusammenhang steht (*R K* Fig. 50). In seinem hinteren Abschnitt wird es ausserdem von Fasern, welche der oberen Quintuswurzel angehören, durchflochten (*T o*)[1]. Darnach mag also der rothe Kern einerseits die Sehhügel mit dem Kleinhirn verbinden, anderseits dem letzteren solche sensorische Fasern zuführen, deren Ursprungskerne (die oberen Quintuskerne) sehr weit nach vorn verlegt sind. Aber hiermit scheint der durch die Bindearme vermittelte Zusammenhang des kleinen Gehirns mit dem grossen noch nicht erschöpft zu sein. Nach Meynert lässt sich nämlich aus dem vordern Ende des rothen Kerns ein Faserbündel weiter verfolgen, welches unter dem Sehhügel nach vorn tritt, um sich dem Stabkranz des Vorderhirns anzuschliessen: durch dieses scheint also eine weitere directe Verbindung der Grosshirnrinde mit dem Kleinhirn, neben der durch die Brückenarme vermittelten, hergestellt zu sein[2]. Vollendet wird schliesslich die Zahl der nach oben gerichteten Verbindungen des Cerebellum durch das o b e r e M a r k s e g e l. Dieses ist als die wahre Fortsetzung des kleinen Gehirns zu den Vierhügeln zu betrachten[3], in deren grauen Massen vermuthlich seine Fasern endigen. Neben den durch die Kleinhirnstiele zugeleiteten Fasern treten endlich in die Rinde des Cerebellum noch andere, diesem Organ eigene Faserstrahlungen ein, welche theils benachbarte theils entferntere Rindengebiete desselben mit einander verbinden; viele von ihnen bleiben auf der nämlichen Seite, andere treten von einer Kleinhirnhälfte durch den Wurm zur andern Seite über und scheinen so die Rolle eines Commissurensystems, analog dem Balken im grossen Gehirn, zu übernehmen.

Hiernach begegnen sich in dem kleinen Gehirn folgende Fasersysteme: 1 eine Abzweigung der Hinterstränge des Rückenmarks, die in den unteren Kleinhirnstielen zugeführt wird, 2) eine Bahn zu den vorderen, motorischen Provinzen der Grosshirnrinde, welche durch die Brückenarme vermittelt ist, 3 eine Verbindung mit den Kernen der Vierhügel durch das obere

---

[1] Dass die Bindearme des kleinen Gehirns nicht in die Vierhügel eintreten, wie man früher geglaubt hatte und wie die noch jetzt häufig gebrauchte Bezeichnung derselben als processus ad corpora quadrigemina aussagt, sondern dass sie in ihrem weiteren Verlauf der Haube sich beigesellen, wurde zuerst von Arnold nachgewiesen (Handbuch II, S. 720), ihre Endigung im rothen Kern wurde von Stilling aufgefunden (über den Hirnknoten S. 144). Die Nervenzellen des Haubenkerns gleichen, wie Stilling bemerkt, denen der Oliven. Die Kreuzung der Bindearme ist nach Arnold eine theilweise, nach Stilling eine totale.

[2] Meynert betrachtet diese letztere Verbindung als die einzige Endausbreitung der Bindearme, einen Zusammenhang mit Sehhügel und oberem Quintuskern nimmt er nicht an. (A. a. O. S. 740.) Anderseits scheint Henle anzunehmen, dass alle Fasern aus dem rothen Kern in den Sehhügel eintreten (System. Anatomie III, S. 244).

[3] Diesen Namen führen, wie oben bemerkt, die Bindearme mit Unrecht. Die im obern Marksegel gelegenen Verbindungsfasern zwischen Kleinhirn und Vierhügel sind oben von den Querbündeln der Trochleariswurzel, unten von Fasern der Schleife durchkreuzt. (Vgl. Fig. 49.)

Marksegel. Dazu kommen die durch die oberen Kleinhirnstiele oder Bindearme zugeführten Fasern, welche 4) eine Verbindung mit den Kernen der Sehhügel zu vermitteln scheinen und ausserdem wahrscheinlich 5) das System der unteren Kleinhirnstiele durch Fasern ergänzen, welche von höher gelegenen sensibeln Nervenkernen, den oberen Quintuskernen, zum Kleinhirn abgelenkt werden; endlich bildet ein Theil der Bindearme 6) eine zweite Bahn zu vorderen Provinzen der Grosshirnrinde. Diese ein- und austretenden Markstrahlungen sind 7) von Commissurenfasern durchkreuzt, welche verschiedene Gebiete der Kleinhirnrinde mit einander verknüpfen. Wenn die Masse der einem bestimmten System angehörigen Fasern ein Maass abgibt für dessen relative Bedeutung, so prävalirt augenscheinlich einerseits die von den Ursprungskernen sensibler Nerven aufsteigende Bahn, anderseits der Zusammenhang mit der Rinde des Vorderhirns. Der letztere wird wieder hauptsächlich durch die in den Hirnschenkelfuss übergehenden Fasern der Brückenarme hergestellt, gegen welche die unmittelbar in den Stabkranz des Vorderhirns übergehenden Fasern der oberen Kleinhirnstiele zurücktreten[1]. *Die Kleinhirnrinde setzt also eine Abzweigung der sensorischen Bahn mit den Centralheerden der motorischen Innervation in Verbindung.* Nebenbei scheinen dann noch in ihr die in den hinteren Hirnganglien gelegenen Nervencentren, auf deren Bedeutung wir unten zurückkommen werden, eine Vertretung zu finden.

Diese Auffassung über die anatomische Bedeutung des kleinen Hirns erfährt eine wichtige Bestätigung durch die *Structur der Kleinhirnrinde*. Die letztere besteht aus einer äusseren rein grauen und einer inneren rostbraunen Schichte, welche durch eine hellere Zwischenschichte von einander getrennt sind. Die graue Schichte wird durch eine feinkörnige Neuroglia gebildet, in der nur wenige grössere Körner zerstreut vorkommen (Fig. 18, 1 a); der innerste Theil dieser Neurogliaschichte hat eine quergefaserte Structur und enthält zahlreiche, ebenfalls quer gestellte spindelförmige Zellen (1 b). In der rothbraunen Schichte dagegen finden

[1] Da die letztere Verbindung von der durch die Brückenarme vermittelten ausserdem dadurch sich unterscheidet, dass, wie oben bemerkt, das erste Fasersystem direct zur Kleinhirnrinde geht, das zweite dagegen zunächst in den gezahnten Kern eintritt, so ist eine verschiedene functionelle Bedeutung beider gewiss nicht unwahrscheinlich, doch lässt sich hierüber nichts sicheres feststellen. Meynert vermuthet, dass die oberen Kleinhirnstiele die centrale Bahn der Acusticusfasern fortsetzen, welche mit den strickförmigen Körpern in das Cerebellum eintreten (Stricker's Gewebelehre S. 785). So ansprechend aber auch diese Hypothese bei der nahen Beziehung, in welcher der Hörnerv zum kleinen Gehirn durch seine Ursprungsverhältnisse zu stehen scheint, sein mag, so ist natürlich an eine thatsächliche Begründung derselben vorläufig nicht zu denken. Dass übrigens eine solche Bahn über das Kleinhirn nicht, wie Meynert annimmt, die einzige centrale Acusticusbahn sein kann, wurde schon S. 133 hervorgehoben.

sich dicht gedrängt rundliche Zellen ungefähr von der Grösse und Beschaffenheit der Lymphkörper, welche wahrscheinlich theils kleinste Nervenzellen sind, theils zu den Bindegewebselementen gehören (3)[1]. Durch einen hellen Saum, der aus feinen Querfibrillen mit nur wenigen eingestreuten Körnern besteht, die Markleiste (*m*), wird diese Schichte von dem Kleinhirnmark geschieden. In der hellen Grenzschichte zwischen der grauen Neuroglia und der braunen Körnerlage finden sich in einer Reihe als charakteristische Formelemente der Kleinhirnrinde eigenthümliche Nervenzellen, die Purkinje'schen Zellen, ausgebreitet (2). Dieselben sind in auffallender Weise bipolar gestaltet. Ihr gegen die Oberfläche der Rinde gekehrtes Ende trägt nämlich einen mächtigen ästig verzweigten Fortsatz, aus welchem breite sich vielfach theilende Fasern hervorkommen, die gegen die graue Rindenschichte hin verlaufen und mit ihren feinsten Ausläufern noch in dieselbe eindringen. Das nach innen gegen den Markkern des Kleinhirns gekehrte Ende jener Zellen dagegen verjüngt sich plötzlich zu einem feinen Fortsatz, der in eine einzige schmale Nervenfaser übergeht. Es ist nicht zu verkennen, dass die Zelle an der Seite wo sie den breiten, verzweigten Fortsatz entsendet, einer der grossen Zellen aus den Vorderhörnern des Rückenmarks ähnlich sieht, während das innere schmal zugespitzte Ende mehr einer Zelle aus der grauen Substanz der Hinterhörner oder aus den Spinalganglien zu entsprechen scheint. Diese eigenthümlich bipolare Beschaffenheit der Rindenzellen unterstützt daher einigermassen die aus dem Faserverlauf der Kleinhirnstiele geschöpfte Vermuthung, dass in diesem Organ eine Verbindung sensorischer und motorischer Leitungsbahnen stattfinde. Sind wirklich die Zellen der Kleinhirnrinde selbst die Stätten dieser Verbindung, so

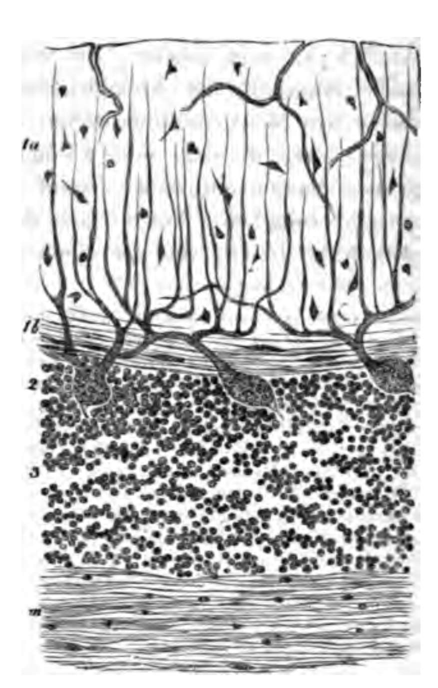


Fig. 48. Querschnitt aus der Rinde des menschlichen Kleinhirns, nach Meynert. *1 a* Aeusserer Theil der grauen Schichte. *1 b* Innerer Theil derselben mit Spindelzellen und Fasern. *2* Schichte der Purkinje'schen Zellen. *3* Körnerschichte. *m* Markleiste.

[1] Gerlach hat zuerst auf die Analogie dieser Körnerschichte des Cerebellum mit den Körnerschichten der Retina hingewiesen und bereits einen ähnlichen Zusammen-

wäre zu vermuthen, dass der innere Pol die von der Peripherie zugeführte sensorische Faser aufnehme, der äussere aber Fasern entsende, welche, nachdem sie sich verästelnd der Oberfläche der Rinde nahe gekommen sind, umkehren, um sich sodann in den Brückenarmen zu sammeln [1]).

Wir kehren nun zu der Hauptbahn nach dem Grosshirn zurück, deren Schilderung vorhin unterbrochen wurde. Mit den in den mittleren und oberen Kleinhirnstielen aus dem kleinen Gehirn zurückkehrenden Fasern treffen die direct nach oben laufenden Fortsetzungen der Rückenmarksstränge zusammen. Das Gebilde, in welchem diese Vereinigung der Hauptbahn und des oberen Arms der nach dem Kleinhirn abgezweigten Seitenbahn stattfindet, ist die Brücke (Fig. 49). Sie ist keine Quercommissur zwischen den beiden Kleinhirnhälften, was sie nach dem äussern Anblick zu sein scheint, die wirklichen Commissurenfasern bleiben vielmehr innerhalb des Kleinhirnmarks, indem sie, wie wir oben gesehen, durch den Wurm hindurchtreten. Die Bedeutung der Brücke besteht aber darin, dass die aus dem kleinen Gehirn ihr zugeleiteten Fasern in ihre grauen Massen eintreten, worauf aus diesen neue vertical aufsteigende Fasern hervorgehen, welche sich dem Hirnschenkel beigesellen. Die in der Mittellinie (bei *R*) von der einen zur andern Seite herübertretenden Fasern

---

hang derselben mit feinsten wahrscheinlich nervösen Fibrillen beschrieben, wie er neuerdings durch M. SCHULTZE für die Körner der Netzhaut nachgewiesen ist (GERLACH, mikroskopische Studien. Erlangen 1858. S. 8). Auch die Körnerschichte, welche in der Rinde des Riechlappens vorkommt, scheint eine analoge Bildung zu sein. Die meisten Anatomen nehmen danach an, dass die Körner eine Gattung kleinerer Nervenzellen darstellen, welche durch ein feines Fasernetz mit den grossen PURKINJE'schen Zellen zusammenhängen. Nur KÖLLIKER (Gewebelehre, 5te Aufl., S. 298) sowie HENLE und MERKEL (Ztschr. f. rat. Med. 3. R. Bd. 34. S. 49) leugnen diesen Zusammenhang; die beiden letzteren halten die Körner für Lymphkörper. GERLACH glaubt, dass die PURKINJE'schen Zellen vorzugsweise durch ihren inneren schmalen Fortsatz, zum Theil aber auch durch Ausläufer ihrer äusseren breiten Fortsätze mit dem Netzwerk der Körner zusammenhängen (a. a. O. Taf. I Fig. 3). HADLICH dagegen vermuthet, dass nur die äusseren Fortsätze durch ihre gegen das Mark umkehrenden feinsten Ausläufer mit jenem Netz in Verbindung treten (Archiv f. mikrosk. Anatomie VI, S. 201). Der letzteren Ansicht hat sich in neuester Zeit auch BOLL angeschlossen. (BOLL, die Histiologie und Histiogenese der nervösen Centralorgane S. 75.)

[1]) MEYNERT, STRICKER's Gewebelehre S. 799. Die Thatsache der Umbeugung der äussern Zellenfortsätze ist allerdings noch eine bestrittene. HADLICH (Archiv f. mikrosk. Anat. VI, S. 196) und OBERSTEINER (allg. Ztschr. f. Psychiatrie 1870, S. 94) stellen eine solche dar. HENLE tritt dieser Ansicht entgegen und hält die Umbeugungsfasern für Stützfasern des Bindegewebes (System. Anat. III, S. 233). Der innere Fortsatz der PURKINJE'schen Zellen geht, wie KOSCHEWNIKOFF (Archiv f. mikrosk. Anatomie V, S 332) gefunden hat, unmittelbar in eine markhaltige Nervenfaser über: er hat somit ganz die Eigenschaft eines Axenfortsatzes; der äussere, welcher demnach einen grossen Protoplasmafortsatz darstellen würde, löst sich nach BOLL mit den feinsten Endzweigen seiner Umbeugungsfasern in ein in der Körnerschichte gelegenes nervöses Fasernetz auf, aus welchem dann erst stärkere Nervenfasern entspringen. (BOLL, die Histiologie und Histiogenese der nervösen Centralorgane S. 71.)

sind wahrscheinlich der Hauptmasse nach Kreuzungsfasern, welche theils den directen Fortsetzungen der Rückenmarksstränge durch die Brücke theils den Brückenarmen des Kleinhirns angehören, denn was die ersteren betrifft, so haben uns physiologische Thatsachen belehrt, dass ein grosser Theil der Bahnen in der Brücke auf die entgegengesetzte Seite tritt (S. 126); und dass die Brückenarme sich kreuzen, wird durch pathologische Beobachtungen wahrscheinlich, welche eine functionelle Verbindung je einer Kleinhirnhälfte mit der entgegengesetzten Grosshirnhemisphäre annehmen lassen: Atrophie eines Grosshirnlappens pflegt nämlich von einem Schwund der ungleichseitigen Kleinhirnhälfte begleitet oder gefolgt zu sein [1]. Wie die Fasern der Brückenarme wahrscheinlich alle in Internodien grauer Substanz eintreten, bevor sie in die verticale Bahn umbiegen, so sind auch in die unmittelbar aufsteigenden oberen Kleinhirnstiele (*b a*) kleinere graue Kerne eingestreut, bis jene endlich nach eingetretener Kreuzung in den im oberen Theil des Hirnschenkels gelegenen rothen Kernen ihr Ende finden. Auf diese Weise, durch Sammlung der von unten aufsteigenden Rückenmarksstränge sowie der seitlich und von oben herantretenden Fortsätze aus dem kleinen Gehirn constituirt sich innerhalb der Brücke jener ganze Faserzug, welcher die tiefer gelegenen Nervencentren mit den Gebilden des Grosshirns verbindet, der Hirnschenkel. Nebenbei ist aber die Brücke noch durchsetzt von den Wurzelbündeln einiger höher oben entspringender Hirnnerven, deren Ursprungskerne theils auf dem grauen Boden des obersten Theils der Rautengrube, theils in der Nähe der den Centralkanal fortsetzenden Sylvischen Wasserleitung gelegen sind [2].

Die Fortsetzungen der Rückenmarksstränge sind in der Brücke in derselben Weise angeordnet wie in dem unter ihr gelegenen Abschnitt des verl. Marks, doch werden sie durch die Faserbündel der Brückenarme und die in dieselben eingeschalteten Internodien grauer Substanz zerklüftet. Nur die Fortsetzungen der Pyramiden (*p*—*p'*) bleiben als compactere Stränge bestehen, welche unten von den oberflächlichen Querfasern der Brücke (*b*) bedeckt und zum Theil in einige gröbere Bündel geschieden werden. Dabei kommt derjenige Theil der Pyramidenfasern, welcher die obersten Kreuzungsbündel bildet, also die sensorische Abtheilung dieser Stränge (S. 129), am weitesten nach aussen zu liegen. Ebenso bilden die Fortsetzungen der Hülsenstränge compactere Bündel, welche, während die

---

[1] MEYNERT a. a. O. S. 759.

[2] Diese Nerven, deren Ursprungsgebiet der Brücke angehört, sind Facialis, Abducens und mittlere Wurzel des Quintus. Der Trochlearis entspringt mit dem Oculomotorius bereits nach vorn von der Brücke (Fig. 50 III), seine Fasern wenden sich aber nach rückwärts und durchkreuzen in der Höhe der Brücke das Dach der Sylvischen Wasserleitung (Fig. 49 *T*).



Fig. 49. Querschnitt durch die menschliche Brücke in der Höhe der Trochleariswurzel, nach STILLING. *M* Oberes Marksegel. *T* Trochleariswurzel. *S* Sylvische Wasserleitung. *s* Ursprungszellen des fünften Hirnnerven in dem grauen Boden der Wasserleitung. *hl*, *v*, *v'*, *sl* Fortsetzungen der Vorderstränge. *hl* Hinteres Längsbündel. *v* Mittlere Vorderstrangreste zu beiden Seiten der Raphe. *v'* Vordere an die Schleife grenzende Vorderstrangreste. *sl* Schleife, Fortsetzung der die Oliven umgebenden Vorderstrangabtheilungen (Hülsenstränge). *sl'* Uebergang der Schleifenfasern in das Dach der Sylvischen Wasserleitung. *s* Seitenstrangreste und netzförmig durchbrochene Substanz. *g* Gelatinöse Substanz und Fortsetzungen der Hinterstränge. *ba* Obere Kleinhirnstiele (Bindearme). *R* Raphe. *b* Oberflächliche, *b'* mittlere und *b''* tiefe Querfasern der Brücke. *p* bis *p'* Fortsetzungen der Pyramidenstränge, vermischt mit grauer Substanz und den aus der letzteren hervorgehenden aufsteigenden Fortsetzungen der Brückenarme oder mittleren Kleinhirnstiele. Die aufsteigenden Fasern *p* bis *p'* bilden den Hirnschenkelfuss, *v'* bis *hl* die Hirnschenkelhaube.

Pyramiden den Boden der Brücke bilden helfen, sich nach oben wenden, bis sie im vorderen Theil der Brücke noch über den vom Kleinhirn herabsteigenden Bindearm zu liegen kommen, den sie von aussen her schleifenartig umwinden (*s l*). Die spärlicheren zwischen den genannten Strängen und hinter den Querfasern der Brücke gelegenen Verticalfasern sind die directen Fortsetzungen der weiter unten hinter den Pyramiden gelegenen Reste der Vorder-, Seiten- und Hinterstränge (*h l* bis *v'*, *s* und *g*) [1]. Diesem letzteren Antheil der direct aufsteigenden Leitungsbahn mischen sich die oberen Kleinhirnstiele (*ba*) bei, die zwischen den Seiten- und Hinterstrangresten sich einschieben, während sich die aus den Brückenarmen stammenden Längsfaserzüge wahrscheinlich sämmtlich den Pyramiden zugesellen, welche dadurch bei ihrem Lauf durch die Brücke bedeutend an Masse zunehmen. Am obern Ende der Brücke tritt endlich noch ein den Längsfasern der netzförmigen Substanz angehöriger Theil (*v'*) zu den Pyramiden und den aus den Brückenarmen entsprungenen aufsteigenden Fasern; vermuthlich ist dies die Fortsetzung eines Theils des längs der Raphe gelegenen Vorderstrangrestes [2].

So hat sich denn nach dem Hervortreten aus der Brücke der Hirnschenkel vollständig in seine Ab-

[1]) Von den Vorderstrangresten behält aber hier sowie im ganzen weiteren Verlauf das auf S. 134 erwähnte hintere Längsbündel *h l* seine compacte Beschaffenheit.

[2]) MEYNERT bringt diese Ablenkung eines Bündels aus derjenigen Partie des Hirn-

theilungen gegliedert. (Vergl. Fig. 22 S. 64.) Pyramiden, Vorderstrangreste und Fortsetzungen der Brückenarme bilden den unteren Theil oder den **Fuss** des Hirnschenkels. Die substantia nigra SÖMMERING's, die ihn nach oben begrenzt, scheint ein Ganglienkern zu sein, der dem Fuss angehört, indem letzterer durch Fasern, welche aus dieser Substanz hervorkommen, einen weiteren Zuwachs erfährt. Der darüber gelegene Theil, die **Haube** des Hirnschenkels, wird durch die Seiten- und Hinterstrangreste, die in der formatio reticularis gelegen waren, vielleicht nebst einem Theil der benachbarten Vorderstrangreste gebildet, wozu sich im weiteren Verlauf noch die Fortsätze des kleinen Gehirns zum grossen oder die oberen Kleinhirnstiele hinzugesellen. Aus der Fortsetzung der Hülsenstränge endlich geht die den übrigen Hirnschenkel oben und aussen bedeckende **Schleife** hervor. Diesen Ursprungsverhältnissen gemäss ist der Fuss derjenige Theil des Hirnschenkels, welcher hauptsächlich motorische Bahnen zum grossen Gehirn führt, nur der äusserste Abschnitt desselben, der aus der oberen Pyramidenkreuzung stammt, setzt einen Theil der Hinterstränge des Rückenmarks fort; die Haube besteht vorwiegend aus sensorischen Bahnen, die Schleife aber ist wiederum die Fortsetzung eines Theils der motorischen Hauptbahn[1].

Wir wollen bei der weiteren Verfolgung dieser Abtheilungen des Hirnschenkels diejenige Ordnung einhalten, in welcher dieselben von unten nach oben ihr centrales Ende finden. Wir werden daher mit der Schleife beginnen, welche zuerst, schon in den grauen Kernen der Vierhügel, ganz oder theilweise aufhört, daran die Haube anreihen, welcher die Ganglienkerne der Sehhügel entsprechen, worauf als letztes Glied des Hirnschenkels der Fuss kommt, welcher theils in den grauen Massen der vordersten Hirnganglien, der Streifenhügel, theils direct in der Rinde des grossen Gehirns sein Ende findet.

---

schenkels, die weiter nach oben als Haube bezeichnet wird, und seine Zunengung zu den Pyramiden, aus denen sich der Hirnschenkelfuss gestaltet, damit in Zusammenhang, dass ein Ganglion, das in seiner Beziehung zu einer Sinnesfläche den Ganglien, in welche die Bündel der Haube eintreten, analog ist, nämlich der Kopf des Streifenhügels, weil nach vorne zu liegen kommt, in eine Region, welche im übrigen der Ausbreitung des Hirnschenkelfusses zugehört. (MEYNERT a. a. O. S. 750. Vgl. auch STILLING, über den Bau des Hirnknotens Taf. XII, Fig. 7 und HENLE, System. Anat. III, S. 244.) Uebrigens ist zu bedenken, dass dieser Hinzutritt von Längsfasern der formatio reticularis zum Hirnschenkelfusse schon insofern nichts auffallendes hat, als es sich dabei höchst wahrscheinlich nur um die Beimengung eines Theils der Vorderstrangreste, also einer rein motorischen Portion, zu dem im grössten Theil seiner Masse bereits motorischen Fusse handelt.

[1] Gestutzt auf vergleichend anatomische Betrachtungen hatte früher MEYNERT (Ztschr. für wiss. Zoologie Bd. 17, S. 655) in der Schleife einen Theil der sensorischen Leitungsbahn vermuthet, neuerdings hat er jedoch diese Ansicht, wie es scheint, aufgegeben (STRICKER's Gewebelehre S. 763).

Wie die **Schleife** (Tl Fig. 50) das Marklager bildet, auf welchem die Vierhügel unmittelbar aufsitzen, so wird auch der hintere Theil der markigen Füllung dieser Erhabenheiten von den in sie einstrahlenden Fasern der Schleife gebildet. Diese endigen dann in den grauen Kernen der Vierhügel, aus welchen neue Fasern hervorkommen, die nach der Mittellinie verlaufen, im Dach der Sylvischen Wasserleitung mit den von der andern Seite herüberkommenden Fasern sich kreuzen (Xp) und dann in den Mark-



Fig. 50. Querschnitt durch das vordere Vierhügelpaar, die Kniehöcker und das hintere Ende des Sehhügels vom Menschen, nach MEYNERT. Qu Vorderer Vierhügel der linken Seite. Th Sehhügel. Nc Geschweifter Kern. St Markfasern des Hornstreifs. M Mark des Grosshirnlappens. R Ausstrahlungen aus dem Sehhügel in das Hemisphärenmark. Bs Oberer Vierhügelarm, dessen Fasern aus der oberflächlichen Schichte des Vierhügels hervorkommen und theils zum Sehhügel, theils direct in den Stabkranz treten (vgl. Fig. 52). W Fasern aus dem obern Vierhügel zum innern Kniehöcker. Bi Unterer Vierhügelarm, oben durchschnitten, dessen Fasern theils zum inneren Kniehöcker, theils direct zum tractus opticus gehen. Ge Aeusserer, Gi innerer Kniehöcker. II Tractus opticus. Tl Schleife, unten durchschnitten, das untere Marklager des Vierhügels bildend. Xp Kreuzungsstelle der Schleifenfasern beider Seiten im Dach der Sylvischen Wasserleitung A. A' Graue Substanz am Boden der Wasserleitung. V Durchschnitte absteigender Quintuswurzeln und Ursprungszellen des Quintus. L Hinteres Längsbündel. III Oculomotorius - Trochleariskern mit daraus entspringenden Wurzelfasern. III_1 Oculomotorius-Wurzeln, P_1 Kreuzungsfasern der Wurzeln beider Seiten. T Haube des Hirnschenkels. To bis Xd Mittlere Bündel der Haube, welche in der Raphe R sich kreuzen. La Hintere durchbrochene Stelle (pp Fig. 23, S. 67). P Hirnschenkelfuss. S Schwarze Substanz. RK Rother Kern der Haube.

überzug des entgegengesetzten Hügels ausstrahlen, aus welchem sie direct in den Vierhügelarm (Bs) übergehen. Der Arm und die oberflächliche Marklage eines jeden Vierhügels stehen sonach mit dem grauen Kern und durch

diesen mit der tiefen Marklage des entgegengesetzten Vierhügels, welche wieder eine unmittelbare Ausstrahlung des entsprechenden Schleifenantheils ist, in Verbindung. Zugleich finden aber noch andere Leitungsbahnen in den Vierhügeln und deren nächster Umgebung ihre Knotenpunkte. Der Verlauf dieser Bahnen zeigt, dass die beiden Kniehöcker, der äussere und innere (*Ge* und *Gi*), obgleich scheinbar mit den Sehhügeln in nächstem Zusammenhang, doch im wesentlichen den Vierhügeln beigegebene Ganglienkerne sind. Die Kniehöcker werden nämlich dadurch gebildet, dass hier in den Verlauf der Sehnerven graue Kerne sich einschieben, in denen der grösste Theil der Opticusfasern sein nächstes Ende findet. Ein weiterer Theil dieser Fasern, namentlich derjenigen, die den inneren Kniehöcker überziehen, kommt aber nicht aus den Kernen des letzteren, sondern aus den Vierhügelarmen hervor, insbesondere sind es Fasern des vordern Vierhügelarmes (*B s*), die auf diese Weise als gesondertes Bündel dem tractus opticus sich anschliessen. Neben den grauen Kernen der Kniehöcker stehen demnach auch die Kerne der Vierhügel, namentlich diejenigen des vordern Vierhügelpaares, mit den Sehnervenfasern in Verbindung. Letztere Verbindung wird durch das Chiasma der Sehnerven, das, wie der Augenschein lehrt, zu einem Austausch der Opticusfasern beider Seiten bestimmt ist (Fig. 23 *II*), zu einer total oder partiell gekreuzten. Nach dem Ergebniss physiologischer Versuche ist bei Thieren die Kreuzung im Chiasma entweder eine totale, oder sie trifft doch jedenfalls den grössten Theil der Opticusfasern: Zerstörung des Vierhügels hat nämlich Erblindung des Auges der entgegengesetzten Seite zur Folge[1]; ebenso zieht hier Verlust eines Auges nach längerer Zeit Atrophie des gegenüberliegenden vorderen Vierhügels sowie des zu ihm gehörigen tractus opticus vom Chiasma an nach sich. Beim Menschen pflegt sich in solchen Fällen die Atrophie ziemlich gleichmässig auf beide Sehnerven und Sehstreifen zu vertheilen[2]. Bei ihm ist demnach die Kreuzung jedenfalls nur eine partielle, und zwar scheinen von jeder Netzhaut annähernd ebenso viele Fasern zum Vierhügel

---

[1] FLOURENS, Versuche über die Eigenschaften und Verrichtungen des Nervensystems, deutsch von BECKER. Leipzig 1824. S. 100. SCHIFF, Physiologie S. 358.

[2] An einigen Präparaten, die mir Prof. FR. ARNOLD zur Ansicht mittheilte, fand ich folgende Maasse in Millim.

1. Zwei Fälle beim Menschen (linkes Auge atrophirt):

	Linker Sehnerv	rechter Sehnerv	Linker tractus opticus	rechter tractus opticus
I	1,8	3,5	4	3,5
II	2	3,5	3,5	3,2

2. Ein Fall beim Pferde (rechtes Auge atrophirt):

Linker Sehnerv	rechter Sehnerv	Linker tractus opticus	rechter tractus opticus
3.5	2	2,5	4

der einen wie zu dem der andern Seite zu treten. Die Zerfaserung des Chiasmas zeigt, dass die äussersten Fasern des Sehnerven und des tractus opticus ungekreuzt bleiben, dass dagegen die innersten Fasern sich kreuzen; ausserdem sollen im vorderen und hinteren Winkel des Chiasmas Commissurenfasern verlaufen, dort peripherische, welche der Verbindung beider Netzhäute bestimmt scheinen, hier centrale zwischen den Endigungen der Sehstreifen im Gehirn [1]). Nun enden die äusseren Fasern des Sehnerven in den äusseren, die inneren in den inneren Theilen der Retina. Daraus folgt, dass die Aussenseite der rechten und die Innenseite der linken Netzhaut im rechten, die Aussenseite der linken und die Innenseite der rechten Netzhaut im linken Vierhügel vertreten sind. Auch dies wird durch die pathologische Beobachtung bestätigt. Sobald partielle Erblindung beider Netzhäute aus centralen Ursachen stattfindet, bei so genannter Hemiopie, sind stets die Aussenhälfte der einen und die Innenhälfte der andern Retina zusammen ergriffen [2]). Nun stehen aber physiologisch die nämlichen Netzhauthälften in nächster Verbindung, indem im allgemeinen einfach gesehene Punkte des Sehraumes auf solchen Punkten der Innenhälfte der einen und der Aussenhälfte der andern Netzhaut sich abbilden, welche eine übereinstimmende Lage in Bezug auf das Netzhautcentrum besitzen [3]). Man kann daher nicht bezweifeln, dass die partielle Kreuzung beim Menschen für diese physiologische Verbindung der beiden Netzhäute zu den Zwecken des binocularen Sehens von Bedeutung ist. Hierdurch wird es denn auch begreiflich, dass bei den Thieren, bei denen vermöge der Stellung beider Augen diese entweder vollkommen unabhängig von einander functioniren müssen oder doch nur ein kleiner Theil der beiden Retinen zum binocularen Sehen eingerichtet sein kann [4]), die Kreuzung eine vollständige oder nahezu vollständige wird [5]).

---

[1]) Arnold, icones nervorum capitis. Editio altera. Tab. I, Fig. II.

[2]) J. Müller zur vergleichenden Physiologie des Gesichtssinns. Leipzig 1826. S. 93. D. E. Müller, Gräfe's Archiv f. Ophthalmologie VIII, 1 S. 160. In dem zuletzt citirten Fall erwies sich als Ursache der Hemiopie eine Geschwulst in der Schädelhöhle, die den einen tractus opticus zerquetscht hatte.

[3]) Vgl. Absch. III Cap. XIV.

[4]) J. Müller, zur vergleichenden Physiologie des Gesichtssinns S. 114.

[5]) Damit dass correspondirende Punkte beider Netzhäute in einem gemeinsamen Sehcentrum vertreten sind, ist natürlich durchaus nicht gesagt, dass dieselben in einem centralen Punkte endigen, wie dies J. Müller zur Erklärung des Einfachsehens vorausgesetzt hatte (a. a. O. S. 83 f.). Hiergegen sprechen nicht nur die anatomischen Verhältnisse des Chiasmas, in welchem nur Kreuzung, keineswegs aber Theilung der Opticusfasern nachzuweisen ist, sondern auch die physiologischen Erscheinungen des Binocularsehens, aus denen sich unzweifelhaft ergibt, dass die Netzhautpunkte beider Augen ihre gesonderte Vertretung im Centralorgan besitzen müssen. Vgl. hierüber den dritten Abschnitt Cap. XIV.

Wie der Sehnerv, so stehen auch die Ursprungsfasern der beiden vorderen Augenmuskelnerven mit den grauen Kernen der Vierhügel in naher Verbindung. Die von den Vierhügeln bedeckte Sylvische Wasserleitung (A ist nämlich von grauer Substanz umgeben, in deren Gebiet, nach unten von der Lichtung, ein Nervenkern liegt, aus welchem die Wurzeln des Oculomotorius und Trochlearis hervorkommen (*III*[1]). Aus diesem Kern entspringen nun centralwärts mehrere Faserbündel. Eines tritt zur Raphe, kreuzt sich mit dem Bündel der entgegengesetzten Seite und schliesst sich dann wahrscheinlich auf seinem weiteren Verlaufe dem Fuss des Hirnschenkels an (*P'*), der sich auf diese Weise aus Centralfasern der höher gelegenen motorischen Nervenkerne ergänzen dürfte. Andere, weiter rückwärts liegende Fasern aus dem nämlichen Kern stehen ohne Zweifel mit den Ganglienkernen der Vierhügel in theils geradläufiger theils gekreuzter Verbindung. Anatomisch allerdings ist der Weg dieser Fasern bis jetzt nicht nachgewiesen, aber der physiologische Versuch, welcher zeigt, dass Zerstörung der Vierhügel Accomodations- und Bewegungslähmung des Auges herbeiführt, macht denselben zweifellos. Nach diesem Resultat muss auch der weiter unten entspringende Augenmuskelnerv, der Abducens, durch centralwärts verlaufende Fasern in den Vierhügeln vertreten sein. Die Fasern, welche die Accomodation für die Nähe und die Verengerung der Pupillen bewirken, schliessen sich in der Regel der Bahn des Oculomotorius, zuweilen aber auch, wie es scheint, der des Abducens an[2]: sie treten, nachdem sie eine totale Kreuzung erfahren haben, wahrscheinlich in das hintere Vierhügelpaar[3]). Verwickelter gestaltet sich die Endigung der Fasern für die Augenmuskeln, welche nach Schiff ebenfalls in dem hinteren, nach Adamük dagegen vorzugsweise in dem vorderen Vierhügelpaar stattfinden soll[4]. Nach dem letzteren Beobachter bewirkt Reizung des vorderen Vierhügels der rechten Seite Linkswendung beider Augen, Reizung des linken Vierhügels Rechtswendung derselben. Dabei richten sich die Blicklinien horizontal, wenn man den vordern Umfang des Hügels reizt. Langt man mit der Reizung am mittleren Theil desselben an, so richten sich beide Blicklinien nach oben, während die Pupillen weit werden: diese Stellung verbindet sich mit der Convergenz, wenn man noch weiter nach hinten geht. Wird endlich der hinterste Theil des Hügels gereizt, so nimmt die Convergenz zu, während sich zugleich die Blicklinien

[1] Die Wurzelfasern des Trochlearis treten nach oben und kreuzen sich vor dem unteren Vierhügelpaar im Dach des aquaeductus Sylvii; die Fasern des Oculomotorius laufen die Haube durchsetzend nach unten, um an der innern Seite des Hirnschenkelfusses an der Oberfläche zu erscheinen (III_1).

[2] Adamük, med. Centralblatt 1870, No. 12.

[3] Schiff, Physiologie I, S. 358.

[4] Schiff, ebend. S. 359. Adamük med. Centralblatt 1870, No. 5.

nach unten richten und die Pupillen verengern. Aus diesen Beobachtungen ergibt sich zunächst, dass die centralen Bahnen der Augenmuskelnerven eine partielle Kreuzung erfahren, indem diejenigen Oculomotoriusfasern, welche, zum innern geraden Augenmuskel tretend, die Innenwendung des Auges bewirken, grossentheils in den Vierhügel der nämlichen, die zum äussern geraden Augenmuskel verlaufenden Abducensfasern aber vorzugsweise in den Vierhügel der entgegengesetzten Seite eintreten müssen[1]. Dabei kann aber nur die Kreuzung derjenigen Oculomotoriusfasern zum Rectus internus eine annähernd vollständige sein, welche am vordern Rand des Vierhügels endigen, weiter nach hinten muss immer mehr eine gleichförmige Vertheilung auf beide Hügel eintreten, so dass nun hier die Reizung eine Action beider innerer Augenmuskeln d. h. Convergenz herbeiführt. Eine ähnliche gleichförmige Vertheilung gekreuzter und ungekreuzter Centralfasern muss in Bezug auf die übrigen Augenmuskelnerven angenommen werden, wobei aber wieder die Fasern zu den verschiedenen gemeinsam wirkenden Muskelgruppen in verschiedenen Regionen der Vierhügel ihr Ende finden. Die Oculomotoriusfasern zum Rectus superior und Obliquus inferior, welche bei der Aufwärtswendung des Auges wirksam sind, müssen nämlich mehr dem vordern Ende, die Oculomotoriusfasern zum Rectus inferior und die Trochlearisfasern zum Obliquus superior dagegen, welche die Abwärtswendung bewerkstelligen, müssen weiter hinten ihre Centra besitzen. Von allen diesen Centren müssen dann ausserdem Centralfasern zu den verschiedenen Regionen des Pupillarcentrums angenommen werden, um die begleitenden Bewegungen der Iris zu erklären.

Die hauptsächlichsten den Vierhügeln von der peripherischen Seite zugeführten Leitungsbahnen sind demnach: erstens centrale Bahnen motorischer Nervenkerne, sie sind theils die Bündel der Schleife, durch welche sich ein Antheil der motorischen Rückenmarksstränge in die Vierhügel abzweigt, theils die den letzteren zugeführten Centralfasern der Augenmuskelnerven; zweitens sensorische Nervenbahnen, sie gehören, so viel bekannt, ausschliesslich dem Sehnerven an. Mit einem Theil dieser ihrer peripherischen Wurzeln sind die Vierhügel in gekreuzter Richtung verbunden. Auf der andern Seite entspringen dann aus ihren Ganglienkernen centralwärts gerichtete Faserbündel, welche, neben den an Zahl geringeren zum tractus opticus gerichteten Fasern, die Hauptmasse der Vierhügelarme

---

[1]) Die Vermuthung, dass die gleichzeitige Thätigkeit des Rectus externus der einen und des Rectus internus der andern Seite auf partiellen Kreuzungsverhältnissen beruhe, ist zuerst von SCHROEDER v. D. KOLK ausgesprochen worden. SCHROEDER glaubt aber wegen des der Raphe abgewandten Verlaufs gewisser Wurzelfasern des Abducens, dass dieser der ungekreuzt bleibende Nerv sei, während die Ergebnisse des physiologischen Versuchs zum entgegengesetzten Schlusse führen. (Bau und Functionen der medulla spinalis und oblongata S. 123.)

bilden. Diese Faserbündel (*B s*, *B i*) sind, wie die Vierhügelarme selbst, nach vorn und aussen gegen die Sehhügel gerichtet. Sie treten in die Basis der Sehhügel ein, von wo ein Theil sich nach oben wendet und pinselförmig zerstreut gegen die grauen Kerne des Thalamus ausstrahlt. Ein anderer Theil aber tritt unter den Sehhügeln hindurch, um sich direct dem Stabkranz beizugesellen, und zwar derjenigen Abtheilung desselben, welche sich in die Hinterhauptslappen begibt. Centralwärts stehen also die Kerne der Vierhügel einerseits mit den Sehhügelkernen anderseits mit der Rinde des Occipitalhirns in directer Verbindung[1]. Die aus den Kernen der Kniehöcker centralwärts verlaufenden Fasern scheinen theils zunächst mit den grauen Massen der Vier- und Sehhügel in Verbindung zu treten theils mit den aus den Ganglienkernen der Vierhügel entspringenden Fasern zur Rinde des Occipital- und Temporalhirns sich zu begeben[2]. Da die Kerne der Kniehöcker als die eigentlichen Nervenkerne des Opticus zu betrachten sind, so ist letzteres offenbar die directeste Verbindungsbahn zwischen der Netzhaut und der Grosshirnrinde.

Die der Haube des Hirnschenkels zugehörigen Markbündel erstrecken sich unter den Vierhügeln nach vorn (*T*). Sie bilden den Boden der Sehhügel (vgl. Fig. 27 S. 72) und strahlen mit Ausnahme der in den rothen Kern (*RK*) eintretenden Fasern, welche den oberen Kleinhirnstielen angehören, und deren muthmasslicher Verlauf schon früher (S. 136 f.) besprochen wurde, in die Sehhügel ein. Diese Einstrahlung geschieht in zwei Portionen, einer inneren und äusseren. Die erstere, nach innen vom rothen Kern gelegen, tritt zum Sehhügel der entgegengesetzten Seite über, ihre Kreuzungsfasern bilden die hintere Commissur (*cp* Fig. 24 S. 69)[3]; die zweite, den rothen Kern unmittelbar umgebend, geht in den Sehhügel derselben Seite ein. Die erstere Portion bildet das innere,

---

[1] Die Ausstrahlung eines Theils der in den Vierhügelarmen den Sehhügeln zugeführten Fasern in der Markmasse der letzteren lasst deutlich an Abfaserungspräparaten sich nachweisen. Man nahm daher früher keine directe Verbindung der Vierhügel mit dem Stabkranze an, sondern liess alle centralwärts gerichteten Bündel dieser Ganglien in den Sehhügeln endigen. (ARNOLD, Handb. der Anatomie II, S. 750.) MEYNERT wies die directe Verbindung mit den Stabkranzfasern des Occipitalhirns nach, er scheint aber anzunehmen, dass die Sehhügel überhaupt nur auf den Vierhügelarmen ruhen, ohne dass Fasern der letzteren in sie eintreten (MEYNERT a. a. O. S. 744). Nach HENLE strahlen die Fasern des vordern Arms grossentheils im Sehhügel aus, nur die äussere Schichte derselben geht in den tractus opticus über, die Fasern des hintern Arms dagegen gesellen sich dem Hirnschenkelfusse bei, sie sind es ohne Zweifel, die nach MEYNERT direct in den Stabkranz übergehen. (HENLE, system. Anatom. III, S. 248.)

[2] MEYNERT, Sitzungsber. der Wiener Akad. 1869. Abth. II, Bd. 60, S. 549.

[3] Ein in seiner Bedeutung noch unerkanntes Gebilde, welches aber wahrscheinlich ebenfalls Kreuzungsfasern des Sehhügels einschliesst, ist die mittlere Commissur (*A* Fig. 51).

die letztere das äussere Marklager des Sehhügels. Die Markfasern treten mit den Ganglienkernen des Sehhügels in Verbindung, wobei das mächtigere äussere Haubenbündel zwischen die graue Substanz eindringt, so dass dieselbe in einige fächerartige Abtheilungen getrennt wird (Fig. 27). Eine compactere graue Masse trennt die äussere Abtheilung des Sehhügels von der inneren, in welche das gekreuzte Haubenbündel einstrahlt[1]). Endlich nimmt ein kleiner grauer Kern das vordere Ende des Sehhügels ein[2]). Ausser diesen Einstrahlungen aus der Haube des Hirnschenkels nimmt der Sehhügel von der Peripherie her die oben schon erwähnten Faserbündel aus den Vierhügeln durch die vordern Vierhügelarme und andere aus dem tractus opticus auf[3]), zu letzteren begeben sich überdies zwar nicht aus den Sehhügeln aber in der Region derselben Fasern, welche von der an der Basis des Gehirns um den grauen Höcker zu Tage tretenden grauen Substanz ausgehen (II Fig. 51)[4]). In den Ganglienkernen des Sehhügels confluiren somit von der Peripherie her, ähnlich wie in den Vierhügeln, sensorische und motorische Leitungsbahnen. Die sensorischen gehören nur noch zu einem geringen Theil dem Sehnerven an, grossentheils sind es Fortsetzungen sensorischer Rückenmarksstränge, welche als Bündel der Hirnschenkelhaube in den Sehhügel einstrahlen. Motorische Leitungsbahnen sind vielleicht zu einem geringen Theil noch den directen Hirnschenkeleinstrahlungen des Sehhügels beigemischt, zum Theil stammen sie jedenfalls ursprünglich von der Schleife her. Es ist möglich, dass die in den Vierhügelarmen eintretenden Reste der Schleife, welche vielleicht sogar den grössten Theil derselben ausmachen, die Vierhügel nur durchsetzen und zwischen denselben ihre Kreuzung erfahren, um sodann in den Sehhügeln zu endigen. Centralwärts gehen sehr bedeutende Fasermassen aus dem Sehhügel hervor, welche vorzugsweise in den Stirn-, Schläfe- und Scheitellappen ausstrahlen, während der Occipitaltheil des Gehirns keine oder jedenfalls unbedeutende Fasern erhält. Diese Ausstrahlungen geschehen in der Form gesonderter Bündel, welche von der Basis des Sehhügels ausgehen. Während hinten die Hirnschenkelhaube der Boden ist, auf welchem der Sehhügel ruht, bilden jene Stabkranzausstrahlungen mehrere Stiele, durch welche sein vorderes Ende gehalten wird. Ein

---

1) Centrum medianum von LUYS.

2) Er bewirkt die höckerähnliche Erhebung des vordern Endes, das s. g. tuberculum anterius.

3) J. WAGNER, der Ursprung der Sehnervenfasern. Dorpat 1862, S. 11 f. HENLE a. a. O. S. 250, Fig. 179. Indem WAGNER den äussern Kniehöcker als einen integrirenden Bestandtheil des thalamus opticus ansieht (a. a. O. S. 21), sucht er dem letztern die Bedeutung der Hauptursprungsstätte des Sehnerven zu revindiciren.

4) ARNOLD, Handbuch der Anatomie II, S. 918. MEYNERT bezeichnet diesen Theil des an der Gehirnbasis zu Tage tretenden Höhlengrau, welcher Ursprungsfasern des Opticus abgibt, als basales Opticusganglion (a. a. O. S. 732).

schmales Bündel windet sich zwischen dem geschwänzten und Linsenkern hindurch, es bildet einen Theil der inneren Markkapsel des letzteren (*Ci*) und geht zum Frontalhirn. Eine zweite reichere Markstrahlung verläuft in mehreren gesonderten Abtheilungen unter dem Linsenkern nach der Gegend der Sylvischen Spalte (*St, Z*). Endlich kommen noch aus dem



Fig. 51. Querschnitt durch das menschliche Gehirn in der Region des Linsenkerns und der Insel, nach Meynert. (Der Querschnitt entspricht nahezu dem in Fig. 27 S. 72 auf der linken Seite dargestellten, er ist nur etwas weiter nach vorn geführt.) *J J'* Rinde und Mark der Insel. *Cl* Vormauer. *Ce* Aeussere Kapsel des Linsenkerns, von der Balkenstrahlung herrührend. L_1, L_2, L_3 Erstes, zweites und drittes Glied des Linsenkerns. *Ci* Innere Kapsel des Linsenkerns, theils aus den Einstrahlungen des Hirnschenkelfusses in den Linsenkern und geschweiften Kern (*N C*) theils aus in den Stabkranz übergehenden Markausstrahlungen des Sehhügels bestehend. *Schl, L, St, Z* Hirnschenkelschlinge (ansa peduncularis Gratiolet's). *Schl* Hirnschenkelfasern zum Linsenkern. *L* Ganglienmasse, in welcher nach Meynert das hintere Längsbündel (*L* Fig. 50, *hl* Fig. 49) endigen soll. *St, Z* Faserbündel aus dem Sehhügel nach der Gegend der Sylvischen Spalte. *VC* Faserbündel aus der vordern Commissur. *N C* Oberster Theil des geschwänzten Kerns, *B* tiefster Theil desselben, welcher an der Gehirnbasis in der Region der vorderen durchbrochenen Substanz (*sp* Fig. 23 S. 67) zu Tage tritt: beide Theile fliessen nach vorn im Streifenhügelkopfe zusammen. *II* Nerv. opticus mit dem darüber liegenden basalen Opticusganglion. *V* Grauer Beleg des dritten Ventrikels. *G* Absteigender Schenkel des Gewölbes im Durchschnitt *A* Mittlere Commissur. *J K* Innerer, *a K* äusserer Kern des Sehhügels. *M* Mark des Stabkranzes.

vordern Kern des Sehhügels Fasern hervor, die rück- und abwärts zum corpus candicans verlaufen und in diesem schleifenähnlich sich umwenden, um in die aufsteigende Wurzel des Gewölbes überzugehen (Fig. 24 S. 69 *ra, rd*). Hierdurch treten Markfasern des Sehhügels auch mit den nach hinten gelegenen Rindenpartieen, und zwar mit der Rinde der in die Hirn-

höhlen hervorragenden Gebilde des Ammonshorns und der Vogelklaue, in Verbindung.

Der **Fuss** oder die **Basis des Hirnschenkels** setzt denjenigen Theil des Vorderseitenstrangs fort, welcher sich direct zu den vorderen Theilen des grossen Gehirns begibt; er nimmt aber auf diesem Wege den oberen Arm der nach dem Kleinhirn abgeleiteten Seitenbahn auf, der sich innerhalb der Brücke ihm anschliesst. Der Fuss sondert sich in verschiedene Abtheilungen, deren Ordnung wahrscheinlich während der Kreuzungen der Hirnschenkelfasern vollzogen wird. Die am weitesten nach aussen gelegene Abtheilung geht, ohne weitere Stationen grauer Substanz zu berühren, in den Stabkranz, sie tritt zwischen Streifenhügel und Linsenkern hindurch, um nach allen Provinzen der Hemisphärenrinde auszustrahlen [1]. Ein Theil dieser direct zur Grosshirnrinde emporsteigenden Bahn des Hirnschenkelfusses ist die Fortsetzung der oberen sensorischen Pyramidenkreuzung, ein anderer Theil geht wohl aus der grösseren motorischen Partie des Fusses hervor. Es ist nach der Verlaufsweise der übrigen Hirnschenkelfasern nicht unwahrscheinlich, dass diejenigen Fasern, welche sich zum Hinterhaupts- und Schläfelappen begeben, der sensorischen, die in die vorderen Theile des Gehirns ausstrahlenden aber der motorischen Bahn angehören. Die weiter nach innen gelegenen Theile treten in verschiedene Ganglienkerne ein, aus welchen sodann Stabkranzfasern hervorgehen. Ein solches Zwischenganglion, in welchem die Hirnschenkelfasern sichtlich an Menge zunehmen, bildet schon die an der Grenze zwischen Fuss und Haube gelegene **schwarze Substanz** [2]. Die hauptsächlichsten Ganglienkerne aber, welche die Fasern des Fusses aufnehmen, sind der **geschwänzte Kern** und der **Linsenkern** (Fig 52 *Nc*, *Na* und *LI—LIII*). In den ersteren strahlt der Hirnschenkel (*P*) radienförmig von innen und unten her aus, in den letzteren treten die Fasern ebenfalls von unten her, sie dringen in die Markscheidewände zwischen den einzelnen Gliedern des

1) Nach Meynert gehen die directen Ausstrahlungen der Hirnschenkelbasis nur nach dem Schläfe- und Hinterhauptslappen (S. 730). Durch Abfaserung lassen sich aber auch in den Stirn- und Scheitellappen directe Faserzüge verfolgen (vgl. Arnold, tabulae anatom. Fasc. I, tab. X).

2) Die substantia nigra wird von den früheren Anatomen der Haube zugerechnet (Burdach, Bau und Leben des Gehirns II, S. 101, Jörg, Beiträge zur Kenntniss vom innern Bau des Gehirns S. 192), die meisten neuern betrachten sie als Grenzschicht zwischen Fuss und Haube und lassen ihre Zugehörigkeit dahingestellt (Arnold, Handbuch II S. 73, Henle, system. Anat. III, S. 244). Stilling vermuthet eine nähere Beziehung zum centralen Verlauf des nervus oculomotorius (über den Bau des Hirnknotens S. 159). Nach Meynert treten in dieselbe von der Peripherie her Fasern ein, die sich dem Fuss anschliessen, so dass sie zu den Ganglien des letzteren gestellt werden muss (Stricker's Gewebelehre S. 729 und Fig. 248, S. 738).

Kerns ein und biegen sich von dort aus gegen die Lagen grauer Substanz um. Es scheint somit, dass den genannten Ganglienkernen ausschliesslich aus den Leitungsbahnen des Hirnschenkelfusses ihr Zufluss wird. Diese Leitungsbahnen selbst haben aber eine doppelte Quelle, indem sie zu einem Theil directe Fortsetzungen der motorischen Rückenmarksstränge sind, ergänzt durch die centralen Fasern höher oben entspringender motorischer Nerven, zu einem andern Theil aus dem kleinen Gehirn herstammen.



Fig. 52. Horizontalschnitt durch die linke Hemisphäre eines Affen (Cercocebus cinomolgus), nach MEYNERT. *F* Stirnende, *O* Hinterhauptsende der Hemisphäre. *R* Hirnrinde. *FS* Sylvische Spalte. *J* Insel. *Cl* Vormauer. *L* I, *L* II, *L* III Linsenkern. *Nc* Kopf des Streifenhügels. *Na* Durchschnitt des hinteren Endes vom geschweiften Kern. *M* Hemisphärenmark, vorn aus sich kreuzenden Stabkranz- und Balkenfasern, hinten aus Stabkranzfasern bestehend. *T* Balken. *S* Septum lucidum. *Ca* Vordere Commissur. *Cm* Mittlere Commissur. *V* Vorderhorn, *Vp* Hinterhorn des Seitenventrikels. *Vm* Dritter Ventrikel. *Th* Sehhügel. Darüber liegt die Strahlung des Balkenwulstes *T*, vgl. den Medianschnitt Fig. 24 S. 69.) *Th*¹ Sehhügelpolster. *Qu* Unterer Vierhügel. *Aq* Sylvische Wasserleitung. *Bs* Oberer, *Bi* unterer Vierhügelarm. *Gi* Innerer, *Ge* äusserer Kniehöcker. *P* Hirnschenkelfuss, zum Theil quer durchschnitten. *Om* Markstrahlung in den Hinterlappen, welche aus dem Hirnschenkelfuss *P*, dem Linsenkern *L* I—III, dem Sehhügel und dessen Polster *Th*, *Th*¹, den beiden Kniehöckern *Gi*, *Ge* und den beiden Vierhügelarmen *Bi*, *Bs* hervorkommt. *A* Ammonshorn. *T'* Balkentapete, die Wand des Hinterhorns bildend. *mth* Markstrahlung aus dem Sehhügel in den Stirnlappen.

Eine nähere Sonderung beider Antheile lässt sich nicht ausführen. Ausserdem mengen sich dem Hirnschenkelfuss in seinem obersten Abschnitt die aus dem Sehhügel gegen die Rindentheile des Vorderhirns ausstrahlenden Fasern bei (*mth* Fig. 52, *St*, *Z* Fig. 51). Es lässt sich nicht mit Sicherheit entscheiden, ob diese Bündel sämmtlich den Faserverlauf des Fusses nur durchsetzen, um zur Hirnrinde zu gelangen, oder ob einzelne derselben mit in die grauen Massen des geschweiften Kerns und des Linsenkerns ein-

treten[1]). Sollte letzteres der Fall sein, so würden solche Fasern eine unmittelbare Verbindung der Ganglien der Haube mit denen des Fusses und eine Beziehung der letzteren zu den sensorischen Leitungsbahnen vermitteln. Doch ist der letztere Zufluss jedenfalls unbedeutend im Vergleich zu der Breite, welche die rein motorische Leitungsbahn des Hirnschenkelfusses einnimmt. Durch die Eigenschaft, ausschliesslich oder vorwiegend motorische Bahnen in sich zu sammeln, unterscheiden sich demnach die dem Fuss zugehörigen Ganglienkerne wesentlich von den weiter rückwärts gelegenen, welche die Haube aufnehmen. Diesen motorischen Charakter bewahrt der Fuss des Hirnschenkels auch noch durch den letzten Zufluss, der ihm wird, durch das auf S. 134 u. 142 erwähnte hintere Längsbündel. Als der am weitesten nach rückwärts verlegte Vorderstrangrest verläuft dasselbe bis in die Region des Sehhügels mit den Bündeln der Haube, um dann dem Fusse sich anzuschliessen: es endigt nach Meynert in einem nach aussen vom Sehhügel und unter dem Linsenkern gelegenen Ganglion, von dem aus sich Fasern zum Klappdeckel und zu den übrigen Wänden der Sylvischen Spalte entwickeln (*L* Fig. 51)[2]). Der einzige Theil der nach vorn gelegenen grauen Kerngebilde, welcher sensorische Fasern bezieht, ist der Kopf des Streifenhügels. Er nimmt nämlich, wie wir unten sehen werden, mit seiner Basis aus dem Riechkolben Fasern auf, welche in ihm wahrscheinlich mit der von unten an ihn herantretenden Abtheilung der motorischen Leitungsbahn in Verbindung treten. Centralwärts strahlen die Stabkranzfasern aus den Ganglien des Fusses nach allen Provinzen der Rinde aus. Sie treten am äussern und obern Rande des geschweiften Kerns und im ganzen Umfang des Linsenkerns hervor. Selbst die dem Linsenkern unmittelbar aufliegende Rinde, welche die Wände der Sylvischen Spalte und die Insel bedeckt (*J*, *J'* Fig. 51), erhält ihren Zufluss nicht durch radiär ausstrahlende, sondern durch umbeugende Fasern, welche die vom Balken herstammende äussere Kapsel des Linsenkerns umfassen. Aus beiden Hirnganglien geschieht die Ausstrahlung vorzugsweise in die Rindengebiete des Vorderhirns (*M* Fig. 52).

Nur der Streifenhügelkopf macht in dieser Beziehung eine Ausnahme. Seine basale Partie bildet ein in den centralen Verlauf des Riechnerven eingeschaltetes Ganglion. Die graue Substanz des Streifenhügels hängt nämlich unmittelbar mit der grauen Formation zusammen, welche als vordere durchbohrte Platte oder Riechfeld an der Gehirnbasis zu Tage tritt (*B* Fig. 51). Viele der centralen Olfactoriusfasern finden wahr-

---

[1]) Arnold, Handbuch II, S. 754.

[2]) Diese Fasern bilden mit andern, die vom Hirnschenkelfuss zum Linsenkern treten, sowie mit solchen, die aus dem Sehhügel gegen die Wände der Sylvischen Spalte ausstrahlen, die Hirnschenkelschlinge (*Sch*—*Z* Fig 51).

scheinlich hier ihr erstes Ende. Ein anderer Theil des Marks der Riechwindung scheint sich dagegen unmittelbar bis in die Hakenwindung fortzusetzen [1]. Weitere Markfasern gehen aus der Riechwindung in die Längsfaserzüge des Gewölbes und der Bogenwindung über und endigen wahrscheinlich in der Rinde des Ammonshorns und der Vogelklaue (S. 78 Fig. 31 *B*). So wird es begreiflich, dass, wie wir früher schon hervorhoben, Gewölbe, Bogenwindung und Ammonshorn im allgemeinen in ihrer Entwicklung der Ausbildung des Geruchsorganes parallel gehen. Zur Würdigung dieser ganzen Verbindung des Riechnerven muss aber bemerkt werden, dass der Ueberzug des Riechkolbens eben so wenig wie der graue Beleg des Riechfeldes der eigentlichen Hirnrinde entspricht, sondern dass jener der Zellen- und Körnerschichte der Retina analog ist [2], dieser der grauen Kernsubstanz des Streifenhügelkopfes zugehört. Als das letzte Gehirnende wenigstens für einen Theil der Riechnervenfasern ist somit die Rinde der Hakenwindung und des Ammonshorns zu betrachten, welche, wie wir früher gesehen haben, beide mit einander zusammenhängen da sich die Hakenwindung durch den sulcus hippocampi unmittelbar in das Ammonshorn umschlägt (Fig. 27 S. 72, 34 S. 82). Einige der centralen Olfactoriusfasern scheinen direct dieses Ende zu erreichen, andere zuvor durch die basalen Ganglienkerne des Streifenhügelkopfes, welche im Riechfeld zu Tage treten, unterbrochen zu sein [3]. Es ist zu vermuthen, dass das System des Gewölbes, der Bogen- und Hakenwindung und des Ammonshornes neben Theilen des centralen Olfactoriusverlaufs noch andere Bahnen führt. Schon die Masse der Fasern, welche diese Gebilde in sich tragen, macht dies wahrscheinlich; auch steht der Fornix durch seine auf- und absteigende Wurzel (*r a*, *r d* Fig. 24 S. 69) mit dem Sehhügel in einer Verbindung, welche auf weitere Beziehungen hinweist. Doch sind hierüber bis jetzt nicht einmal Vermuthungen möglich [4].

---

[1] An letzterem Ort verlaufen die Olfactoriusfasern zum Theil gegen den Mandelkern (*mk* Fig. 27 S. 72). Offenbar der letztere ist es daher, den LUYS als ein Ganglion des Olfactorius ansieht (recherches sur le système nerveux planche XXV, 14). HENLE (system. Anat. III, S. 256) und MEYNERT (STRICKER's Handbuch S. 710) betrachten aber den Mandelkern, ähnlich der Vormauer, als eine der Rinde des Schläfelappens zugehörige Formation. Die weitere Verbindung, welche LUYS zwischen seinem Olfactoriusganglion und dem vordern Kern des Sehhügels behauptet (a. a. O. pl. XV, Fig 1 : 10), dürfte wohl wesentlich seiner Theorie des Sehhügels als eines allgemeinen sensorischen Centrums entsprungen sein.

[2] Siehe unten über die Structur der Grosshirnrinde.

[3] Zu der in die Hakenwindung, also in den Schläfelappen eintretenden Olfactoriusbahn gehört wahrscheinlich auch der Hornstreif (stria cornea), welcher direct das Mark des Olfactorius mit dem Stabkranz des Schläfelappens zu verbinden scheint. (MEYNERT, in LEIDESDORFF's Lehrbuch der psych. Krankheiten, 2te Aufl. S. 59.)

[4] Pathologische Beobachtungen über diese der Vivisection unzugänglichen Theile können hier wegen der Betheiligung anderer Hirntheile, namentlich der Sehhügel, keine brauchbaren Ergebnisse liefern. Einige Fälle von Zerstörung des Gewölbes vergl. bei

Ein dem Verlauf des Riechnerven angehöriges Fasersystem vermuthet man ausserdem noch in der vordern Commissur (*ca* Fig. 24, *VC* Fig. 51). Dieser Zusammenhang ist bei den mit starken Riechlappen versehenen Säugethieren deutlich ausgeprägt. Bei ihnen strahlen die Fasern der vordern Commissur zum grössten Theil gegen die Wände des Riechlappens und in das Riechfeld aus, ein kleinerer Theil wendet sich nach rückwärts, um sich im Mark des Temporal- und Occipitalhirns zu verlieren. Bei den Primaten scheint sich dieses Verhältniss umzukehren, indem hier nur spärliche Fasern zur vordern durchbrochenen Substanz treten, die meisten dem Stabkranz des Hinterhaupts- und Schläfelappens sich beimengen[1]. Da nun aber auch der letztere, namentlich in den der Hakenwindung zugehörigen Gebieten, einen Theil der Olfactoriusausbreitung in sich aufnimmt, so liegt die Vermuthung nahe, dass der vordern Commissur allgemein die Bedeutung zukomme centrale Endigungen der Riechnerven beider Hirnhälften mit einander zu verbinden. Dabei ist es aber noch zweifelhaft, ob es sich um eine wahre Commissur, d. h. um eine Verbindung correspondirender Rindengebiete beider Seiten, oder nicht vielmehr um eine Decussation handelt. Im letzteren Fall würde, da unzweifelhaft zahlreiche Olfactoriusbündel bis zu ihrer centralen Endigung auf der nämlichen Seite verbleiben, die Commissur jedenfalls nur eine theilweise Kreuzung vermitteln: man hätte also dann anzunehmen, dass von den Olfactoriusfasern, welche das Riechlappenmark zusammensetzen, ein Theil auf der nämlichen, ein anderer auf der entgegengesetzten Seite in die graue Substanz des Riechfeldes sowie in die zugehörigen Rindengebiete ausstrahle[2].

Während die Ausstrahlungen des Stabkranzes in die Hirnrinde eintreten, werden sie überall, ausgenommen in der Occipitalgegend (Fig. 52,

---

LONGET, Anatomie und Physiol. des Nervens. I, S. 449. MEYNERT hat häufig nach langjähriger Epilepsie Atrophie und Sklerose der Ammonshörner und ungleichen Durchmesser derselben beobachtet Vierteljahrsschr. f. Psychiatrie. I, S. 395). Aber diese Erscheinung dürfte mit der gleichfalls häufig bei Epilepsie gefundenen asymmetrischen Erweiterung der Seitenventrikel zusammenhangen HOFMANN in derselben Zeitschr. II, S. 332), welche ihrerseits wieder von den Circulationsstorungen in der Schädelhöhle herrühren kann, die alle epileptischen Krampfanfälle begleiten. Mit jeder Hemmung des Blutabflusses ist nämlich eine Stauung der Cerebrospinalflussigkeit verbunden, welche wenn sie sich oft wiederholt, Erweiterungen der Seitenhohlen und Atrophie der in denselben liegenden Gebilde, namentlich der in directem Zusammenhange mit den Gefässfortsätzen stehenden Ammonshörner, herbeiführen muss.

[1] Gewöhnlich wird nur eine Verbindung der Schläfelappen in der vordern Commissur angenommen. GRATIOLET hat aber beim Affen nach rückwärts laufende Faserbündel bis zur Spitze des Hinterhauptslappens verfolgt (Anatomie comp. II, p. 188); MEYNERT hat dasselbe Verhalten für den Menschen bestätigt Wiener Sitzungsber. Bd 60, S. 560).

[2] In der menschlichen Anatomie wurde bis in die neueste Zeit die commissura anterior als eine Commissur der Schläfelappen betrachtet, während man sie bei den

vgl. a. Fig. 31 u. 32 S. 78 u. 80), durchkreuzt von den Fasern des **Balkens**, welche ebenfalls ihre Richtung gegen die Hirnrinde nehmen, und zwar so, dass sie sich in beiden Hemisphären symmetrisch vertheilen. Die Balkenfasern bilden daher augenscheinlich eine Leitungsbahn, die einander entsprechende Rindenpartieen beider Hirnhälften vereinigt. Diese Verbindung findet, wie schon die bedeutende Massezunahme des Balkendurchschnitts von vorn nach hinten vermuthen lässt, hauptsächlich zwischen den Rindenpartieen der Occipitalregion statt, daher auch mangelhafte Entwicklung des Balkens, wie sie bei mikrocephalischen Individuen zuweilen beobachtet wird, vorzugsweise von Verkümmerung der Hinterhauptslappen begleitet ist[1]. Ausserdem ziehen von Windung zu Windung **bogenförmige Faserbündel**, welche die Rindenoberfläche je zweier benachbarter Windungen zu verbinden scheinen (*fa* Fig. 32)[2]. Einige längere Bündel ähnlicher Art sind endlich zwischen gewissen entfernteren Rindengebieten jeder Hemisphäre ausgespannt: ein solcher Faserzug verbindet den Stirn- und Schläfelappen, ein anderer die Hinterhauptsspitze mit der Schläfe[3]. Demnach begegnen sich in der Grosshirnrinde **drei** Systeme von Fasern: 1) **Stabkranzfasern** als Fortsetzung der aufsteigenden Leitungsbahnen, 2) **Commissurenfasern** als Leitungsbahnen zwischen correspondirenden Rindenprovinzen beider Hemisphären, und 3) **Bogenfasern**: mit diesem Namen wollen wir alle jene Faserzüge belegen, welche eine Leitungsbahn zwischen verschiedenen Provinzen der nämlichen Hirnhälfte herstellen. Sie zerfallen wieder in **Windungsfasern**, welche benachbarte Windungen verbinden, und in **Associationsfasern**, welche zwischen entfernteren Rindengebieten einer Hemisphäre verlaufen[4]. Ueber die Frage, wie diese

---

Säugethieren meistens als eine Commissur der Streifenhügel, namentlich des dem Riechfelde zugehörigen basalen Theils derselben, ansah und zugleich eine Verbindung mit der innern Wurzel der Riechnerven annahm (LONGET, Anatomie u. Physiol. des Nervensystems. I, S. 414, II, S. 17). Erst die Erkenntniss, dass bei den Primaten, wie bei allen Säugethieren, Olfactoriusfasern in den Schläfelappen eintreten, hat eine übereinstimmende Auffassung jenes Gebildes angebahnt. Vgl. J. SANDER, Archiv f. Anatomie u. Physiol. 1866, S. 750. Die wahrscheinlichste Annahme ist hiernach die, dass die vordere Commissur eine **theilweise Decussation** centraler Olfactoriusfasern einschliesst. HUSCHKE (Schädel, Hirn u. Seele, S. 148) und MEYNERT (a. a. O. S. 723) haben in dieser Beziehung die commissura anterior geradezu ein **Riechchiasma**, ein Analogon zum Chiasma der Sehnerven, genannt. Neben den Kreuzungsfasern enthält aber die vordere Commissur höchst wahrscheinlich auch eigentliche Commissurenfasern.

[1] J. SANDER, GRIESINGER's Archiv f. Psychiatrie. I, S. 299. BISCHOFF, Abhandl. d. bayr. Akad. 1873. S. 171.

[2] Fibrae arcuatae ARNOLD, fibrae propriae GRATIOLET.

[3] Der erste wird als fasciculus uncinatus, der zweite als fasciculus longitudinalis bezeichnet.

[4] Schon BURDACH unterschied die Hirnschenkel und ihre Fortsetzung im Stabkranze als das **Stammsystem** des Gehirns von jenen Faserausbreitungen, welche verschiedene Gebiete des Grosshirns mit einander vereinigen, und welche er unter dem Namen des **Belegungssystems** zuzammenfasste. Unter letzterem begriff er aber nicht bloss

verschiedenen Fasersysteme innerhalb der Hirnrinde mit einander zusammenhängen, lassen sich aus der Structur der letzteren bis jetzt nur wenige Vermuthungen schöpfen.

Die graue Substanz der Grosshirnrinde[1]) enthält als vorwiegenden Bestandtheil mehrere Lagen von Nervenzellen, welche sowohl gegen den Markkern wie gegen die Oberfläche der Rinde in Faserausläufer übergehen. Diese Zellen sind eingebettet in eine Grundsubstanz, welche gegen die Rindenoberfläche mehr und mehr dem Bindegewebe verwandt wird, bis sie an der Oberfläche selbst in die rein bindegewebige Gefässhaut übergeht. In der oberflächlichen Schichte dieser Grundsubstanz (1 Fig. 53) sind neben Bindegewebszellen nur spärliche und unregelmässig gestaltete Nervenkörper zu finden. Weiter nach innen werden diese zahlreicher und nehmen allmälig eine regelmässigere, pyramidale Form an (2). Je weiter man nach innen geht, um so mehr wächst die Grösse der pyramidalen Zellen, während zugleich ihre Zahl abnimmt. Die grösseren Pyramiden besitzen eine fast constante Form (3 — 4). Jede ist nämlich mit ihrer Basis nach innen gegen das Mark, mit ihrer Spitze nach aussen gegen die Oberfläche gerichtet; ihr breitester Fortsatz geht von der Spitze der Pyramide ab und ist nach aussen[2]), ein schmälerer, meist kurz abreissender, von der Mitte der Basis nach innen gekehrt[3]). Ausserdem entsendet jede Zelle einige seitliche Fortsätze, welche meistens näher der Basis als der Spitze gelegen sind[4]). Der mittlere Basalfortsatz besitzt, da er ungetheilt bleibt und in der Mitte der Zelle zu entspringen scheint, wahrscheinlich den Charakter eines Axenfortsatzes und geht als solcher unmittelbar in eine Nerven-

die Commissuren und Bogenfasern, sondern auch das Gewölbe und den gyrus fornicatus. (Vom Bau und Leben des Gehirns. II, S. 10.) Arnold schloss sich der Eintheilung Burdach's an, unterschied aber die zwei letztgenannten Gebilde als ein besonderes System, das Bogensystem. (Handb. der Anatomie II, S. 742.) Meynert nennt den Hirnstamm Burdach's das Projectionssystem, die Commissuren und Bogenfasern das Associationssystem (Stricker's Gewebelehre, S. 697); seine Eintheilung fällt demnach im wesentlichen mit der unsern zusammen; doch bringt sie die Commissuren- und Bogenfasern in eine Kategorie, während wir glauben beide trennen zu sollen. Arnold's Bogensystem (fornix und gyrus fornicatus) darf seiner physiologischen Bedeutung nach wohl mit den Stabkranzfasern vereinigt werden, da dasselbe theils centrale Sinnesnervenfasern, die des Olfactorius, zu ihren Rindenbezirken überführt, theils Fasern, die aus Ganglienkernen (des Thalamus) hervorkommen, mit Rinde verbindet.

[1]) R. Arndt, Archiv. f. mikroskop. Anatomie II, S. 441, IV, S. 407, V. S. 317, VII, S. 173, Archiv f. Psychiatrie III, S. 467. Meynert, Vierteljahrsschrift f. Psychiatrie I. S. 97, 198, II, S. 88. Henle, system. Anatomie III, 2 S. 268. Rindfleisch, Archiv f. mikr. Anat. VIII, S. 453. Gerlach, med. Centralblatt 1872, S. 273. Butzke, Archiv f. Psychiatrie III, S. 575.

[2]) Spitzenfortsatz Meynert, Hauptfortsatz Arndt.

[3]) Mittlerer Basalfortsatz, Meynert.

[4]) Seitliche Basalfortsätze, Meynert.

faser über[1]. Alle andern Fortsätze verästeln sich und lösen sich auf diese Weise schliesslich in ein äusserst feines Terminalnetz auf. Aus dem letzteren sammeln sich dann wieder Nervenfasern, welche zunächst ebenfalls netzförmig angeordnet sind, daher man in der grauen Rinde neben dem feineren ein gröberes Netz aus markhaltigen Fasern unterscheiden kann[2]. Zwischen den Pyramiden sind rundliche den Lymphkörpern gleichende Zellen in die Grundsubstanz eingestreut. Nach innen hören die Pyramidenzellen da wo sie ihre bedeutendste Grösse erreicht haben und zugleich eine dichtere Lage bilden plötzlich auf. Es folgen nun auf sie wieder kleinere unregelmässig geformte Nervenzellen (4), welche sich allmälig mit ihrem längsten Durchmesser vorwiegend der Quere nach stellen und zum Theil eine spindelförmige Gestalt besitzen (5). Zwischen diesen kleineren Zellen laufen Nervenfaserbündel, die sich augenscheinlich theils aus den Fortsätzen der Pyramiden theils aus dem Terminalnetz gesammelt haben, nach innen[3].

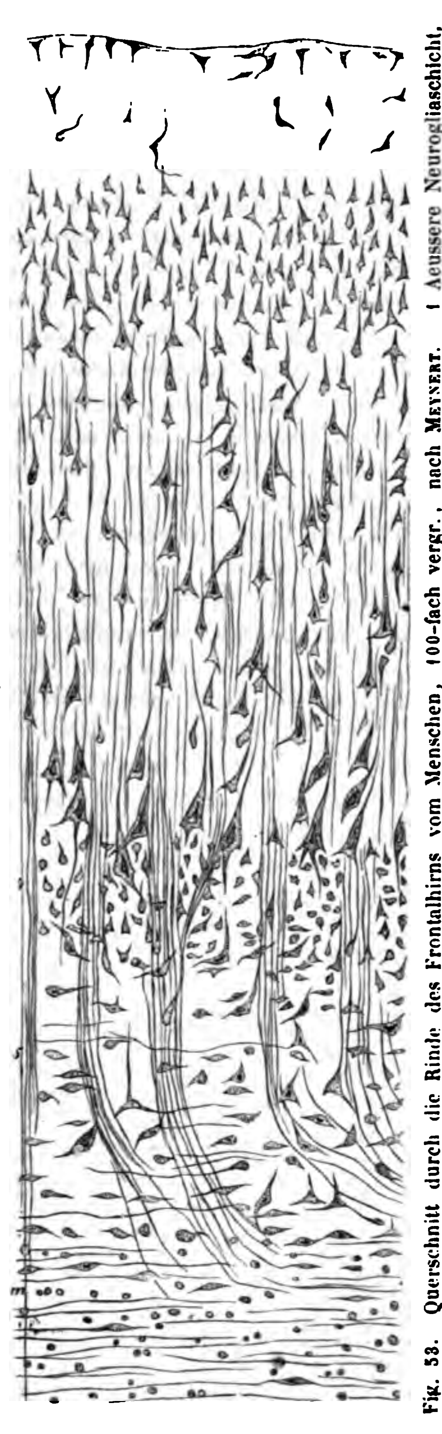


Fig. 53. Querschnitt durch die Rinde des Frontalhirns vom Menschen, 100-fach vergr., nach Meynert. 1 Aeussere Neurogliaschicht. 2 Schichte der kleinen pyramidalen Rindenzellen. 3 Schichte der grossen Pyramidenzellen. 4 Schichte der unregelmässigen Rindenkörper (grossentheils aus lymphkörperähnlichen Gebilden bestehend). 5 Schichte der spindelförmigen Zellen. *m* Markleiste (Grenzschichte gegen den Markkern).

---

1) Butzke, a. a. O.

2) Gerlach a. a. O.

3) Die Vormauer (Claustrum), welche von den älteren Anatomen zu den Ganglienkernen des Gehirns gerechnet wurde, weil sie sich äusserlich dem Linsenkern anschliesst, ist nach Meynert bloss eine ungewöhnlich starke Anhäufung dieser inneren Zellenlage, die Meynert

deutiger Beschaffenheit[1]). Ausserdem ist wohl die Vermuthung gerechtfertigt, dass mit Hülfe jener Verbindungsfasern die Functionsstörungen, welche nach partiellen Gewebszertrümmerungen der Hirnrinde eintreten, allmälig sich ausgleichen. Solche Ausgleichung durch stellvertretende Function scheint gerade in der Hirnrinde wieder in ausgiebigem Maasse stattfinden zu können, während dieselbe bei Destructionen der inneren Theile des Grosshirns, der Hirnganglien oder Hirnschenkel, in viel geringerem Grade möglich ist. Den Grund für dieses Verhalten wird man wohl darin suchen dürfen, dass in der Hirnrinde wieder, ähnlich wie in der grauen Substanz des Rückenmarks, gleichwerthige Elemente in der vielseitigsten Weise mit einander verknüpft sind und daher leicht auch vicariirend für einander eintreten können. In dem Hirnstamm dagegen sind die zu bestimmten Provinzen des Körpers gehörigen Leitungsbahnen in unveränderlicher Weise angeordnet, so dass, wenn irgendwo eine Bahn unterbrochen wird, nicht leicht eine andere stellvertretend ihre Verrichtung übernehmen kann. Der Satz, dass cerebrale Lähmungen minder leicht als spinale sich ausgleichen (S. 125), gilt daher auch nur von jenen, die durch Gewebszertrümmerungen des Hirnstammes und seiner Ganglien verursacht sind, nicht von solchen Störungen, welche sich auf die Hirnrinde oder auf die unmittelbar in dieselbe einstrahlenden Stabkranzfasern beschränken.

Mit Rücksicht nun auf diese umfassenden Ausgleichungen hat man zuweilen angenommen, die beiden Hemisphären seien in functioneller Beziehung identische Organe, nur desshalb doppelt angelegt, damit das eine für das andere eintreten könne; unter normalen Verhältnissen sollten in denselben alle Vorgänge symmetrisch und identisch verlaufen[2]). Aber schon die Analogie mit den beiden Augen, an welche man hierbei gedacht hat,

---

[1]) Das einzige unter den Systemen von Verbindungsfasern der Rinde, an dessen isolirte Trennung gedacht werden kann, ist nämlich der Balken. Durchschneidungen desselben bei Thieren verursachen aber keine deutlich ausgesprochenen Störungen. Beim Menschen hat man bei Balkenmangel allgemeinen Stumpfsinn beobachtet, wobei jedoch dahingestellt bleibt, wie weit diese Symptome von begleitenden Abnormitäten der Gehirnstructur veranlasst sein können. (Longet, Anatomie u. Physiologie des Nervensystems I, S. 436.)

[2]) Von diesem Standpunkte aus sind z. B. gewisse psychische Störungen, wie die s. g. Doppelvorstellungen, wobei der Patient glaubt, alle Gedanken würden ihm vor- oder nachgesprochen u. ähnl., auf eine Incongruenz oder Ungleichzeitigkeit der beiderseitigen Function zurückgeführt worden. (Jensen, allgem. Ztschr. f. Psychiatrie. Bd. 25 Suppl. S. 48. Huppert ebend. Bd. 26, S. 529 und Archiv f. Psychiatrie III, S. 66.) Aber, wie mir scheint, erklären sich die hier angezogenen Erscheinungen einfach als Hallucinationen, welche durch Gedanken oder gewöhnliche Phantasievorstellungen wachgerufen sind. Der Patient denkt sich z. B. eine Ziffer, und alsbald steht dieselbe als wirkliches Bild vor ihm. Der Gedanke oder die Phantasievorstellung bilden hier den Reiz, welcher die Hallucination wachruft; zwischen der Ursache und ihrer Wirkung verfliesst hierbei eine gewisse Zeit. Daraus begreift sich auch, dass die Hallucinationen selbst, sowie die den Hallucinationen verwandten Traumvorstellungen niemals verdoppelt werden (Huppert, Archiv a. a. O., S. 97).

eine Vermuthung aussprechen. Am wahrscheinlichsten ist es, dass überhaupt kein bestimmter Zusammenhang existirt, indem das Terminalnetz den gemeinsamen Ursprungsort einerseits für alle aus Pyramidalzellen entspringende Protoplasmafortsätze, anderseits für die Commissuren-, Windungs- und Associationsfasern bildet. Ob auch Stabkranzfasern aus demselben hervorgehen, muss vorläufig dahingestellt bleiben. Die übrigen Zellen der Hirnrinde haben, so weit sie nicht jugendliche Zustände der grossen Pyramidalzellen sind, wahrscheinlich eine mehr secundäre Bedeutung, indem sie theils Knotenpunkte des Endfasernetzes bilden theils die Richtungsänderung bestimmter Faserzüge vermitteln[1]). Letzteres gilt namentlich von den quer gestellten Zellen der inneren Schichte, welche durch ihr Vorkommen in der Tiefe der Randwülste auf eine Beziehung zu den Bogenfasern (fibrae arcuatae) hinweisen.

Man wird kaum umhin können in den mannigfachen Verbindungsfasern getrennter Rindengebiete, welche neben den Ausstrahlungen des Stabkranzes den Mantel des grossen Gehirns bilden, Leitungsbahnen zu sehen, die bestimmt sind verschiedene Theile der Hirnrinde zu combinirter Function zu vereinigen. So werden die Commissurenfasern vermuthlich der gleichzeitigen oder successiven Function entsprechender Rindentheile beider Hemisphären dienen, die Associationsfasern werden disparate Endorgane der Hirnrinde, vielleicht sensorische und motorische, die Windungsfasern die unmittelbar sich berührenden Rindentheile zu gemeinschaftlicher Wirksamkeit verbinden. Alle diese Annahmen sind freilich nur aus den anatomischen Verhältnissen geschöpft, denn dem physiologischen Versuch sind die genannten Fasersysteme theils für immer unzugänglich, theils sind die durch das Experiment gewonnenen Ergebnisse von allzu unsicherer und viel-

[1]) Die Grössezunahme der Pyramidalzellen von aussen nach innen legt den Gedanken nahe, dass dieselben fortwährend von der Oberfläche der Rinde aus, also von den Orten, wo durch die Gefässhaut der Blutzufluss stattfindet, sich erneuern. Die verschiedenen Schichten der Pyramidalzellen werden dann ebenso viele Zellengenerationen bedeuten, so dass hier jener Vorgang des Untergangs und der Erneuerung, dem alle Elementartheile unterworfen sind, gleichsam vor unsern Augen sich zu vollziehen scheint. — Häufig findet man in erhärteten Präparaten die grossen Pyramidalzellen von lichten Räumen umgeben, welche sich, die Spitzenfortsätze umgebend, bis zur Oberfläche erstrecken. Manche vermuthen in ihnen Lymphspalten, die, wenn diese Auffassung richtig ist, wohl zur Ernährung der Zellen in Beziehung stehen. (OBERSTEINER, Wiener Sitzungsberichte, Bd. 61, S. 57. HENLE, system. Anat. III, S. 271.) Nach Andern sollen aber nur um die Hirngefässe adventitielle Lymphräume vorkommen, jene die Zellen umgebenden Aushöhlungen dagegen Kunstproducte sein, welche bei der Erhärtung in Folge des verschiedenen Wassergehalts der Theile entstehen. (BOLL, Histiologie und Histiogenese der nervösen Centralorgane S. 85.)

die Verbindung gewisser Nervenkerne des verl. Markes, welche den stets bilateral wirksamen Nerven der Athmung, der Schluckbewegungen u. s. w. zum Ursprung dienen, wahrscheinlich. Hierdurch mag es geschehen, dass manche Functionen, die in der Grosshirnrinde nur ihre ersten Impulse empfangen, nach der Zerstörung der einen Hemisphäre fortdauern können, obgleich sie mit einer bilateralen Wirkung peripherischer Organe verbunden sind: so die willkürlichen Athem- und Schluckbewegungen, die willkürlichen Bewegungen der Sprachwerkzeuge. In Bezug auf die bewusste Auffassung gewisser Sinneserregungen, nämlich der Geruchs-, Gesichts- und Gehörseindrücke, hat der Hinwegfall der einen Grosshirnhälfte ohne Zweifel ebenso wie der Wegfall des einen Sinnesorgans desshalb wenig bemerkbare Folgen, weil für die nothwendigsten Bedürfnisse der sinnlichen Wahrnehmung das eine Organ ausreicht, wenn auch namentlich beim Auge die beiden Organe und demgemäss die beiden Hirnhälften, die ihnen äquivalent sind, zur vollständigen Function erfordert werden. Anders ist dies bei den Tast- und einigermassen auch bei den Geschmackseindrücken, weil dieselben nur bei unmittelbarer Berührung des Organs zur Auffassung gelangen, so dass die aufgehobene Sensibilität der einen Seite unmittelbar bemerkt werden muss.

Werfen wir zum Schlusse einen Rückblick auf den Inhalt des vorstehenden Capitels, so ergibt sich über den Verlauf der Leitungswege in den Nervencentren im wesentlichen folgendes: Die in den Nervenwurzeln von einander isolirten sensorischen und motorischen Bahnen trennen sich bei dem Eintritt in die graue Substanz des Rückenmarks alsbald in mehrere zum Theil in gegenseitiger Verbindung stehende Bahnen. Die Hauptbahn sowohl für die sensorische wie für die motorische Leitung führt unmittelbar aus der grauen Substanz in die weissen Markstränge zurück, von wo sie theils gleichseitig theils gekreuzt nach oben geht, vorzugsweise gleichseitig die motorische, vorzugsweise gekreuzt die sensorische Hauptbahn. Ausserdem eröffnen sich zweierlei Nebenbahnen: eine erste verbindet die sensorische mit der motorischen Leitung, sie dient den Reflexen; eine zweite führt innerhalb der grauen Substanz weiter, sie wird regelmässig bei stärkeren Erregungen in Mitleidenschaft gezogen und vermittelt ausserdem, wenn auf der Hauptbahn die Leitung aufgehoben wird, die allmälige Ausgleichung der Störung durch stellvertretende Function. Von diesen Bahnen vollendet diejenige Zweigleitung, welche die sensorische mit der motorischen Hauptbahn verbindet, grossentheils bereits im Rückenmark ihren Weg, sie nimmt vom Gehirn nur diejenigen Theile in Anspruch, aus welchen noch Nerven hervorgehen. Alle andern Bahnen steigen zum Gehirn empor, die Hauptbahnen direct,

die Nebenbahnen auf den mannigfachen Umwegen durch die graue Substanz, höchst wahrscheinlich aber münden beide im verlängerten Mark, vielleicht auch zum Theil schon höher oben im Rückenmark wieder zusammen, so dass sie hier nur durch eine sensorische und durch eine motorische Hauptbahn vertreten sind. Dies wird schon desshalb wahrscheinlich, weil der Zusammenhang der grauen Substanz, welcher im Rückenmark die Nebenleitung vermittelte, mit dem Abschluss dieses Organs aufhört.

Die auf solche Weise beim Eintritt in das Gehirn zu einer sensorischen und einer motorischen Hauptbahn zusammengefassten Leitungen erfahren nun aber von neuem eine Trennung in verschiedene Zweigleitungen. Das Organ, in welchem diese Verzweigung hauptsächlich zu Stande kommt, ist das verlängerte Mark. In ihm zerfällt zunächst die motorische Hauptbahn in zwei Abtheilungen: die erste, welche im Fuss des Hirnschenkels weiter geleitet wird, bleibt, wie es scheint, bis in ihre Endausbreitung rein motorisch, d. h. sie tritt nirgends, weder im Verlauf ihrer Faserbündel noch in Ganglienkernen, mit einem Theil der sensorischen Bahn in Verbindung. Diese rein motorische Bahn des Hirnschenkelfusses zerfällt wieder in zwei Unterabtheilungen: in eine erste, die sich direct zur Rinde der Grosshirnhemisphären begibt, und in eine zweite, die zunächst in die vorderen Hirnganglien, Streifenhügel und Linsenkern, eintritt, in welchen wahrscheinlich eine Zusammenfassung verschiedenartiger motorischer Bahnen stattfindet, welche dann erst von hier aus zur Grosshirnrinde gelangen. Im Ganzen finden die Endausbreitungen der motorischen Hauptbahn vorzugsweise in den vorderen Provinzen der Grosshirnrinde statt.

Die zweite Abtheilung der motorischen Bahn besteht aus drei Zweigleitungen: eine erste bildet die Schleife und geht in das hinterste Hirnganglion, den Vierhügel, über; eine zweite geht in die Bildung der Hirnschenkelhaube ein und begibt sich zum Sehhügel. Beide Zweigleitungen treten in diesen Hirnganglien mit Theilen der sensorischen Bahn in Verbindung. Die dritte Zweigleitung endlich beginnt in der Kleinhirnrinde, in deren Zellen sie mit einer von unten in das Kleinhirn eintretenden sensorischen Zweigbahn verbunden ist, und schliesst dann dem Hirnschenkelfusse sich an, um mit dessen Ausstrahlungen in den rein motorischen Provinzen der Grosshirnrinde, vielleicht zum Theil auch in den vorderen motorischen Grosshirnganglien zu endigen.

Die sensorische Bahn unterscheidet sich in ihrem weiteren Verlauf nach dem Gehirn dadurch wesentlich von der motorischen, dass nur ein kleiner Theil derselben direct zur Grosshirnrinde emporsteigt, während sich der grössere sogleich in mehrere Zweigbahnen spaltet, die sämmtlich

zunächst mit solchen Hirngebilden in Verbindung treten, in denen sie mit motorischen Zweigleitungen verknüpft sind, worauf von da erst weitere Bahnen zur Grosshirnrinde führen. Die direct zur Grosshirnrinde gehende sensorische Bahn bildet, so weit sie Fortsetzung von Rückenmarksfasern ist, wahrscheinlich den obersten Theil der Pyramidenkreuzung und geht dann im Hirnschenkelfusse nach oben, um endlich (in dem Markbündel *O m* Fig. 52) in das Occipitalhirn einzustrahlen. Ausserdem treten Seh- und Riechnervenfasern ebenfalls direct zur Grosshirnrinde, erstere theils zum Occipital-, theils zum Schläfelappen, letztere zum Ammonshorn, zur Hakenwindung und wahrscheinlich ausserdem zum Occipitalhirn. Gänzlich unbekannt ist dagegen noch die centrale Endigung des Hörnerven[1]. Von denjenigen Abzweigungen der sensorischen Bahn, welche zunächst nach solchen Stationen des Centralorgans sich begeben, in denen sie mit motorischen Elementen Verbindungen eingehen, lenkt die erste nach dem kleinen Gehirn ab, in dessen Rinde sie mit dem oben erwähnten dritten Zweig der motorischen Bahn in Verbindung tritt. Ein zweiter Zweig geht in die Vierhügel: es sind die centralen Fasern des Sehnerven, welche in diese Ganglien eintreten, um sich in ihnen mit centralen Fasern der Augenmuskeln, sowie mit der in der Schleife zugeführten Vertretung motorischer Gebiete zu vereinigen. Ein dritter Zweig bildet einen Bestandtheil der Hirnschenkelhaube und geht in den Sehhügel ein, wo er mit den dem letzteren ebenfalls in der Haube zugeführten motorischen Bahnen in Verbindung tritt. Ein vierter Zweig endlich, welcher dem vordersten Sinnesnerven, dem Riechnerven, angehört, tritt in der Ganglienmasse des Streifenhügelkopfes mit einem Zweig der motorischen Bahn in Verbindung, der ursprünglich wahrscheinlich ebenfalls in der Haube verläuft, dann aber, nachdem die übrigen Haubenbündel sich im Sehhügel verloren haben, mit den Fasern des Hirnschenkelfusses nach vorn tritt. Mit Rücksicht auf die Art und den Ort der Endigung zerfällt also die ganze Fortsetzung der sensorischen Bahn in drei Hauptabtheilungen: in eine erste, die sich direct zur Grosshirnrinde begibt, in eine zweite, die in der Kleinhirnrinde mit einer zur motorischen Endausbreitung im Vorderhirn gerichteten Bahn in Verbindung tritt, und in eine dritte, die in den gemischten Gehirnganglien, Vier-, Sehhügeln und Kopf des Streifenhügels,

[1]) Wohl aber kennen wir ein Gebiet der Grosshirnrinde, welches insofern zur Perception der Gehörseindrücke eine Beziehung hat, als von ihm die centrale Beherrschung der Sprachbewegungen ausgeht. Dieses Sprachcentrum, welches in der Umgebung der Sylvischen Spalte liegt (vgl. Cap. V), steht nun zwar ohne Zweifel mit der Acusticusendigung in Verbindung, es kann aber durchaus nicht geschlossen werden, dass die letztere demselben Rindengebiete angehöre. Dies ist nicht einmal wahrscheinlich, da bei Solchen, die in Folge von Zerstörungen jenes Sprachcentrums aphatisch sind, die Auffassung der Schalleindrücke nicht gestört zu sein pflegt.

mit einer in die gleichen Ganglienkerne gelangenden motorischen Zweigbahn verknüpft ist. In der Kleinhirnrinde scheinen einerseits alle sensibeln Flächen des Körpers, anderseits das ganze Gebiet centraler motorischer Innervation vertreten zu sein; ausserdem steht dieselbe noch mit den Vier- und Sehhügeln in Verbindung. Anders verhält sich die sensorische Endigung in den gemischten, halb sensorischen halb motorischen, Hirnganglien. Von diesen ist jedes einem Theil der sensibeln Flächen zugeordnet, so dass sie erst alle zusammen deren Gesammtheit vertreten. So scheinen die Vierhügel dem Sehgebiet, der Kopf des Streifenhügels der Riechfläche, die Sehhügel der empfindenden Hautoberfläche zu entsprechen. Da sonach in jedem dieser Hirnganglien wahrscheinlich die centrale Verknüpfung je eines besondern Sinnesgebietes mit der ihm zugeordneten Muskulatur stattfindet, so können dieselben wohl auch als reflectorische Ganglien bezeichnet werden. In der That wird man voraussetzen dürfen, dass, wie die rein motorischen Ganglien des Hirnschenkelfusses der Combination verschiedenartiger Bewegungen dienen, so diese reflectorischen Ganglien zusammengesetzte Reflexe vermitteln. Die Kerne dieser Hirnganglien sind aber wahrscheinlich wieder unter einander verbunden, so dass jedes der drei Reflexgebiete auf das andere übergreifen kann. Wollen wir auch für die sensorische Leitung eine Haupt- und Zweigbahn unterscheiden, so würde als Hauptbahn jene zu betrachten sein, welche direct von den sensibeln Nervenkernen nach der Grosshirnrinde gerichtet ist. Eine erste Zweigbahn wäre diejenige, welche zunächst in die entsprechenden Ganglienkerne und von da zur Hirnrinde geht. Eine weitere Zweigbahn wird sodann durch die Leitung nach dem kleinen Gehirn gebildet, durch welche jedes Sinnesgebiet unter Vermittlung der Kleinhirnrinde mit den motorischen Innervationscentren der Grosshirnrinde verbunden scheint. Ihr centrales Ende scheinen die sensorischen Bahnen vorzugsweise in den hinter der Sylvischen Spalte gelegenen Theilen der Hirnrinde zu finden, da die Stabkranzausstrahlungen aus den Vierhügeln, Kniehöckern und aus dem hinteren Theil der Sehhügel nach dem Occipitalhirn gerichtet sind, nach welchem auch der oberste aus den Hintersträngen des Rückenmarks stammende Theil der Pyramidenfasern, der das äusserste Bündel des Hirnschenkelfusses bildet, seinen Verlauf nimmt.

Das Resultat, dass vorzugsweise in den vorderen Partieen der Hirnrinde die motorischen, in den nach hinten gelegenen die sensorischen Leitungsbahnen endigen, findet in Beobachtungen über den Effect örtlich beschränkter schwacher Reizungen auf die verschiedenen Theile der Hirnrinde eine merkwürdige Bestätigung. In an Hunden ausgeführten Ver-

suchen sahen FRITSCH und HITZIG, dass bestimmte Muskelgebiete von einem kleinen, meist nur wenige Millimeter umfassenden Theil der Hirnrinde aus durch schwache elektrische Ströme zur Contraction angeregt werden [1]. So konnte ein Centrum für die Nackenmuskeln, ein anderes für die Strecker des Vorderbeins, ein drittes für die Beuger der gleichen Extremität, ein viertes für die Muskeln des Hinterbeins und ein fünftes für das Gebiet des nervus facialis nachgewiesen werden. Diese Centren haben die in nebenstehender Figur bezeichnete Lage; sie nehmen alle, wie man sieht, den vorderen Theil der Hirnrinde zwischen der Riechwindung und der Sylvischen Spalte ein; ihre Wirkung ist stets eine gekreuzte. Die zwischen den einzelnen Centren gelegenen Theile der Hirnrinde sowie das ganze hinter der Sylvischen Spalte gelegene Gebiet zeigt selbst nach Reizung mit viel stärkeren Strömen keinerlei motorische Reaction. Ich kann diese Resultate nach eigenen Versuchen für den Hund sowie für das Kaninchen bestätigen. Bei letzterem haben die Centren, so weit sie sich an der glatten Gehirnoberfläche fixiren lassen, eine ähnliche Lage [2]. Exstirpirt man einen Theil der Hirnrinde, der ein motorisches Centrum einschliesst, so werden die entsprechenden Bewegungen auf längere Zeit ge-

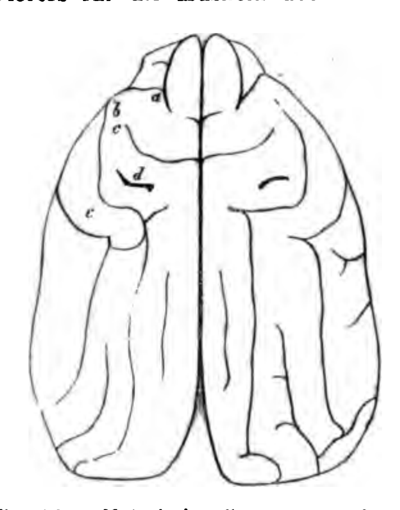


Fig. 54. Motorische Centren an der Oberfläche des Hundegehirns. *a* Centrum für die Nackenmuskeln. *b* Centrum für die Strecker des Vorderbeins. *c* Centrum für die Beuger des Vorderbeins. *d* Centrum für die Muskeln der Hinterextremität. *e* Facialiscentrum.

---

[1] FRITSCH und HITZIG, Archiv f. Anatomie, Physiologie etc. von REICHERT und DU BOIS-REYMOND. 1870, S. 300 f.

[2] Um bei den vorstehend erwähnten Versuchen unzweideutige Resultate zu gewinnen, reizt man entweder durch Schliessung und Oeffnung eines schwachen constanten Stromes oder durch schwache Inductionsströme bei möglichst geringer Geschwindigkeit der schwingenden Feder des Inductionsapparats; als Elektroden nimmt man abgestumpfte Platinaspitzen oder Stecknadelköpfe, deren Distanz nicht mehr als 1—2 Mm. betragen darf. Der Schädel wird mit dem Trepan möglichst weit vorn eröffnet und die Oeffnung nöthigenfalls mit der Knochenzange erweitert, dann wird die dura mater zurückpräparirt, die Gefässhaut aber vorsichtig geschont. Längere Entblössung pflegt namentlich beim Kaninchen die Reizbarkeit ausserordentlich abzustumpfen. Das Centrum für die Rückenmuskeln scheint beim Hunde nach einigen Versuchen die ich ausgeführt habe, hinter dem Centrum für die Nackenmuskeln, am hintern Rande derselben (präfrontalen) Windung, zu liegen, das Centrum für die Kaumuskeln im vordern Theil desselben (supersylvischen) Gyrus, dessen hinteres Ende das Facialiscentrum birgt. FRITSCH und HITZIG geben an, dass am Vorderbein Strecker und Adductoren, sowie Beuger und Rotatoren (Pronatoren?) je ein Centrum haben; ich habe mich davon aber nicht bestimmt überzeugen können.

stört, doch gleicht sich diese Störung allmälig wieder aus[1]. Aehnliche Erscheinungen hat man auch beim Menschen in Folge beschränkter Verletzungen, welche die Convexität des Stirnlappens trafen, beobachtet[2]. Die nicht motorischen Gebiete der Grosshirnrinde zeigen keinerlei Reaction auf die stattgefundenen Reize; nichts desto weniger würde es nicht gerechtfertigt sein hieraus zu schliessen, dass sie überhaupt nicht reizbar seien, da wir schwache sensorische Erregungen nicht so leicht wie motorische zu erkennen im Stande sind. Es könnte also immerhin sein, dass die Reizung dieser Gebiete der Hirnrinde oder einzelner derselben sensorische Erregung verursacht[3].

So ergibt die Verfolgung des Verlaufs der centralen Leitungsbahnen als wichtigstes Schlussresultat, dass jede motorische und jede sensorische Provinz des Körpers ihre gesonderte Vertretung im Gehirn besitzt. Zugleich aber hat, wie die anatomische Untersuchung zweifellos macht, jede Provinz eine mehrfache Vertretung. Den motorischen Körpertheilen entsprechen nämlich 1) solche Fasern, welche in directem Verlaufe, ohne zwischengelegene Ganglienkerne zu berühren, die Grosshirn-

---

[1] NOTHNAGEL (Tageblatt der Naturforscherversammlung zu Leipzig 1872) und FOURNIT (gaz. des hôspitaux 1872, No. 126) haben dies benutzt, um die Resultate von FRITSCH und HITZIG auf folgendem Wege zu bestätigen. Sie injicirten mittelst der PRAVAZ'schen Spritze in die Schädelhöhle eine zerstörende und zugleich färbende Substanz (Chromsäure, blaugefärbtes Chlorzink) und ermittelten auf diese Weise diejenigen Stellen der Hirnrinde, deren Hinwegfall vorübergehende motorische Störungen herbeiführte.

[2] WERNHER, VIRCHOW's Archiv Bd. 56, Heft 3. SIMON, Berliner klinische Wochenschrift 1873, No. 4. Auch die Beobachtung, dass der allgemeinen progressiven Paralyse vorzugsweise Degenerationen der Rinde des Vorderhirns zu Grunde liegen, weist für den Menschen auf eine solche Localisation der motorischen Centren hin (MEYER, GRIESINGER's Archiv f. Psychiatrie I, S. 298). Schwankender sind die Lähmungserscheinungen nach Apoplexien. Die Fortpflanzung des Drucks auf andere Hirntheile macht hier alle Schlüsse bedenklich. Auffallend ist immerhin die Häufigkeit totaler Hemiplegie der Hinterextremität bei Ergüssen in den Streifenhügel und dessen Umgebung (ANDRAL, Krankheiten der Nervenheerde, deutsch von BEHREND. Leipzig 1838, S. 119), womit die Thatsache übereinstimmt, dass vorzugsweise bei Erkrankungsheerden im vordersten Theil des Hirnschenkelfusses, welcher die innere Kapsel bildet, sowie der angrenzenden Ganglien des Linsenkerns der Vorderseitenstrang des Rückenmarks von secundärer Degeneration ergriffen wird. (TÜRCK, Wiener Sitzungsber. Bd. 11, S. 93.) Allerdings sind Hemiplegie und secundäre Degeneration motorischer Rückenmarksstränge auch häufig nach Heerderkrankungen im Sehhügel beobachtet worden, es ist aber sehr möglich, dass in solchen Fällen der Druck auf die Hirnschenkelfasern der innern Kapsel hieran die Schuld trug.

[3] Das empfindlichste Reagens auf sensible Reizung ist ohne Zweifel die Veränderung des Herzschlags oder des Blutdrucks. Zur Auffindung etwaiger sensibler Provinzen der Hirnrinde wird es sich daher empfehlen die Reizungsversuche mit Blutdruckmessungen zu combiniren. Ich habe bis jetzt keine Zeit gefunden, derartige Versuche auszuführen.

rinde erreichen, 2) andere, welche zuvor motorische Ganglien (die Ganglien des Fusses) passiren, in welchen verschiedene motorische Gebiete verknüpft sind, 3) Fasern, welche in gemischte Ganglien (die Ganglien der Haube) eintreten, in denen eine Verbindung sensorischer mit den zugehörigen motorischen Provinzen stattfindet. Ebenso scheinen die empfindenden Theile in doppelter Weise im Gehirn vertreten zu sein: 1) durch Fasern, welche direct zur Grosshirnrinde emporsteigen, und 2) durch andere, welche zunächst zu den Ganglien der Haube gelangen; sie sind mit den unter 3 genannten identisch, indem die Centralfasern der reflectorischen Ganglien gleichzeitig als eine Vertretung von motorischen und von sensorischen Provinzen aufgefasst werden können. Von diesen drei Vertretungen der motorischen und der sensorischen Provinzen ist demnach eine, die directe Vertretung, für beide Leitungsbahnen eine andere. Eine zweite, die von den reflectorischen Ganglien aus, ist beiden gemeinsam. Eine dritte aber, die Vertretung durch Fasern, welche von den motorischen Ganglien kommen und der combinirten Action verschiedener Muskelgebiete entsprechen, ist der motorischen Bahn eigenthümlich. Eine besondere Endigungsfläche, in welcher Abzweigungen der motorischen und der sensorischen Bahn sich begegnen, bildet ferner die Kleinhirnrinde. In ihr sind gleichzeitig die sensorischen Provinzen der Körperperipherie und die motorischen der Grosshirnrinde vertreten. Zu diesen aufsteigenden Leitungswegen, von denen die directen sämmtlich, die indirecten aber theilweise sich kreuzend auf die entgegengesetzte Seite treten, kommen endlich die Verbindungsbahnen der Commissuren, der Windungs- und Associationsfasern, welche wahrscheinlich die combinirte physiologische Function theils verschiedener Rindengebiete derselben Gross- oder Kleinhirnhälfte, theils correspondirender Provinzen zweier Hemisphären vermitteln.

Die im obigen mehrfach erwähnten Kreuzungen der Leitungsbahnen sind theils partielle theils totale. Die ersteren betreffen durchweg diejenigen Fasersysteme, welche in den niedrigen Centralgebieten, insbesondere in den Vier- und Sehhügeln, ihr Ende finden, also die in der Schleife und Haube zusammengefassten Theile des Hirnschenkels. Eine totale Kreuzung erfahren jedenfalls beim Menschen die im Hirnschenkelfuss zu den Ganglien des Streifenhügelkopfes und direct zur Grosshirnrinde emporstrebenden Bahnen. Ob bei den niedrigeren Säugethieren die letztere Kreuzung ebenfalls eine totale oder nur eine partielle sei, ist nicht ganz sicher: jedenfalls trifft sie aber auch bei ihnen die Mehrzahl der Fasern des Hirnschenkelfusses.

Unter diesen Kreuzungen lässt sich offenbar der partiellen am leichtesten ein Verständniss abgewinnen. Theils verschiedenartige theils entsprechende Muskeln beider Körperhälften vereinigen sich vielfach zu gemeinsamer Action, wie am klarsten das Beispiel der Augenmuskeln zeigt (vergl. S. 147). Gleich

diesen sind die Muskeln des Rumpfes in der Regel in associirter Thätigkeit. Unabhängiger eingeübt sind zwar die Bewegungen der Extremitäten, doch sind auch hier die Glieder der beiden Seiten fast immer in combinirter, wenn auch meistens verschiedenartiger Action, insbesondere beruhen auf einer solchen alle Formen der Vorwärtsbewegung, wie das Gehen, Laufen, Fliegen, Schwimmen u. s. w. Bei den meisten dieser Formen combinirter Bewegung hat die partielle Kreuzung offenbar die Bedeutung, dass durch sie in jeder Hirnhälfte die centralen Nervenenden verschiedenartiger Muskeln beider Seiten, die zu gemeinsamer Thätigkeit sich vereinigen, einander genähert werden, wie z. B. die Centralpunkte für den Auswärtswender des einen und den Einwärtswender des andern Auges oder für die Beuger der einen und die Strecker der andern Extremität. Für die sensibeln Gebiete kann möglicher Weise schon durch die functionelle Beziehung zu den Bewegungen der Organe ein ähnlicher Verlauf der Leitungswege bedingt sein, falls nicht eine directere Beziehung der Empfindungen selbst stattfindet, wie dies beim Auge zweifellos der Fall ist (S. 146).

Schwerer ist es über die Ursache der totalen Kreuzung Rechenschaft zu geben, welche im Hirnschenkelfuss beim Menschen und annähernd jedenfalls, d. h. als eine Kreuzung der m e i s t e n in die Hemisphären eintretenden Bahnen, auch bei den übrigen Säugethieren stattfindet. Sobald einmal die Fasern einer Körperhälfte ganz oder vorzugsweise nur auf e i n e r Seite des Gehirns endigen, so würde das einfachste Verhältniss offenbar dieses sein, dass die Hauptvertretung auf der n ä m l i c h e n Seite stattfände. In der That haben wir gesehen, dass bei den niedersten Wirbelthieren wenigstens in Bezug auf die motorischen Bahnen wahrscheinlich ein solches Verhältniss existirt (S. 127 Anm. 3). Wenn dasselbe bei eintretender Vervollkommnung der Organisation sich umkehrt, so hängt dies vielleicht mit der bei allen höheren Thieren vorhandenen, bei den Säugethieren aber am meisten ausgeprägten Asymmetrie der Ernährungsorgane zusammen. Die einzelnen asymmetrischen Lagerungsverhältnisse der letzteren sind aufs innigste wieder unter einander verbunden und bestimmen gerade hierdurch die ganze Formbildung des Thierkörpers. Die rechtseitige Lage der Leber, welche einen Hauptzufluss zu dem Venensystem liefert, führt es mit sich, dass die grossen Behälter des venösen Blutes ebenfalls auf die rechte Seite zu liegen kommen, womit von selbst dem Arteriensystem die Lage auf der linken zufällt. Diese Asymmetrie, die anfangs nur die Anordnung der Arterien trifft, wirkt dann auch auf das Centralorgan des Kreislaufs, das Herz, zurück, welches mehr und mehr auf die linke Seite herüberrückt. Wie eng die gegenseitige Beziehung dieser Lageverhältnisse ist, geht aus der Thatsache hervor, dass in den seltenen Fällen, wo eine der gewöhnlichen entgegengesetzte Lagerung eintritt (beim so genannten situs transversus viscerum), immer das Lagerverhältniss a l l e r asymmetrischen Organe sich umkehrt. Die Centralorgane des Kreislaufs sind es nun, die vorzugsweise des Schutzes bedürfen, daher die meisten Säugethiere im Kampf mit ihren Feinden vorzugsweise die rechte Seite nach vorn kehren. Dadurch aber entwickeln die Muskeln dieser Seite sich kräftiger, was auf jene instinctive Angewöhnung wiederum begünstigend zurückwirken muss. Letzteres Verhältniss erreicht seinen höchsten Grad beim Menschen wegen der aufrechten Stellung desselben. Diese macht die Centralorgane des Kreislaufs des Schutzes vorzugsweise bedürftig, erleichtert aber gleichzeitig die Gewährung desselben. Anderseits ist es wahrscheinlich, dass die linkseitige Lagerung der Kreislaufsorgane eine stärkere Ausbildung der

gleichseitigen Gehirntheile mit sich führt. Damit könnte vielleicht die Beobachtung GRATIOLET's zusammenhängen, dass die linke Hirnhemisphäre theilweise in ihrer Entwicklung der rechten voraneilt [1]. Es ist nun vollkommen begreiflich, dass der stärkeren Körperhälfte die stärker entwickelte Hirnhälfte entsprechen muss, dass also die peripherischen Bahnen der rechten Seite vorzugsweise auf der linken Seite des Centralorgans, und demzufolge auch jene der linken auf der rechten vertreten sind. Für den Menschen scheint diese Auffassung eine augenfällige Bestätigung in der pathologischen Beobachtung zu finden, dass Sprachstörungen aus centraler Ursache, Fälle so genannter Aphasie, am häufigsten, wenn auch keineswegs ausschliesslich, in Folge linkseitiger Apoplexieen, also verbunden mit rechtseitiger Hemiplegie vorkommen [2]. Hieraus darf man vielleicht schliessen, dass, ähnlich wie die rechte Körperhälfte in Bezug auf die Kraft der Muskeln, so die linke Hirnhälfte in Bezug auf die centralen Verrichtungen die geübtere ist [3].

---

[1]) Die Stirnwindungen sollen sich nämlich nach GRATIOLET links schneller ausbilden als rechts, am Hinterhaupte schien das entgegengesetzte stattzufinden. (Anatomie comparée du système nerveux II, p. 242.) ECKER bezweifelt die von GRATIOLET angegebenen Unterschiede (Archiv f. Anthropologie III, S. 215). Auch OGLE gibt aber an, dass fast ausnahmslos die linke Hemisphäre schwerer als die rechte sei, und ausser ihm behaupten BROCA, BROADBENT u. A. eine complicirtere Beschaffenheit der linken Frontalwindungen. (OGLE, medico-chirurgical transactions. Bd. 54. 1871, p. 279.) Eine leicht zu bestätigende Thatsache ist es jedenfalls, dass bei allen Primaten die Furchen am Vorderhirn asymmetrischer angeordnet sind als am Occipitaltheil.

[2]) So hat TROUSSEAU auf 125 Fälle von Sprachlähmung mit rechtseitiger Hemiplegie nur 10 mit linkseitiger gesammelt. (MEISSNER's Jahresber. d. Physiol. 1867. S. 532.) Mehrmals ist bei linkshandigen Menschen Aphasie verbunden mit linkseitiger Hemiplegie oder mit rechtseitiger Apoplexie beobachtet worden. (Ebend. 1872, S. 266 und 1871 S. 298.) Diese Thatsache ist aber nicht vollkommen beweisend, da überhaupt die Zahl der Fälle, wo bei rechtseitigen Gehirnerkrankungen Aphasie beobachtet wurde, sich allmälig vermehrt hat. Mit Recht hat man hierin eine Widerlegung der von einigen Pathologen ausgesprochenen Annahme gesehen, dass das centrale Sprachorgan ein einseitiges sei. Dagegen scheint allerdings die pathologische Statistik darzuthun, dass die linke Hirnhälfte meistens einen bedeutenderen Einfluss auf die Sprachfunction ausübt als die rechte. Das centrale Sprachorgan ist sonach ohne Zweifel bilateral entwickelt, aber auf der einen Seite, in der Regel auf der linken, mehr geübt als auf der andern. Uebrigens beruht die bilaterale Wirksamkeit der Muskeln des peripherischen Sprachorgans wahrscheinlich, ähnlich wie die der Athem- und Schluckmuskeln, nicht auf einer bilateralen Vertretung im grossen Gehirn, sondern auf einer directen Verbindung der Nervenkerne im verl. Mark. (Vergl. S. 134.)

[3]) LEYDEN, Berliner klin. Wochenschrift. 1867. No. 7. OGLE, a. a. O. Näheres über den centralen Sitz der Sprachfunction siehe im folgenden Cap.

Fünftes Capitel.

Physiologische Function der Centraltheile.

Wäre uns der Verlauf und Zusammenhang aller nervösen Leitungsbahnen bekannt, so würde zur Einsicht in die physiologische Function der Centraltheile doch eine Bedingung noch fehlen: die Kenntniss des Einflusses, welchen die centrale Gangliensubstanz, in der die Nervenfasern endigen, oder durch die sie zusammenhängen, auf die geleiteten Vorgänge ausübt. Dieser Einfluss lässt sich nur ermitteln, indem man die Function der Centraltheile direct durch die Beobachtung zu bestimmen sucht.

Wir trennen die nervösen Centralorgane zur Erforschung ihrer Function in dieselben Abtheilungen, welche die Morphologie derselben bereits unterscheiden lässt. Da die äussere Form von den inneren Structurverhältnissen abhängig ist, so darf vorausgesetzt werden, dass jeder der äusserlich zu unterscheidenden Theile ein Functionsgebiet beherrscht, welches bis zu einem gewissen Grade einer getrennten Untersuchung zugänglich ist. Die Wege, welche die letztere einschlägt, sind aber im allgemeinen die nämlichen, deren wir uns bei der Verfolgung der Leitungsbahnen bedient haben. Wie dort die bei Unterbrechungen der Bahn eintretenden Leitungsstörungen, so benützen wir hier die Functionsstörungen, die nach Wegnahme des betreffenden Centraltheils beobachtet werden. Meist nur in secundärer Weise kommen andere Hülfsmittel, wie die vergleichend-anatomische Untersuchung oder die Beobachtung der veränderten Function unter pathologischen Bedingungen, zur Anwendung.

Die einfachste Form centraler Function ist die Reflexbewegung, denn sie ist der einfachen Leitung der Reizungsvorgänge noch am meisten verwandt. Insofern er eine besondere Form der Leitung ist, haben wir den Reflexvorgang im vorigen Capitel besprochen. Aber schon bei ihm kommt der Einfluss der centralen Substanz in mehrfacher Weise zur Geltung. Zunächst werden die Reflexe nicht wie die Reizungsvorgänge in den Nervenfasern nach beiden Seiten, sondern nur in der einen Richtung von der sensorischen nach der motorischen Bahn hin geleitet[1]. Sodann

[1] Zuweilen hat man zwar auch einen Uebergang der Erregungen von der motorischen auf die sensorische Nervenbahn, eine Reflexempfindung, angenommen.

machen sich in ihrer Abhängigkeit von den Reizen, durch die sie verursacht sind, deutlich die eigenthümlichen Erregbarkeitsverhältnisse der grauen Substanz geltend. Schwache und kurz dauernde Reize erregen meistens keine Reflexbewegungen, sobald diese aber eintreten, können sie die durch den gleichen Reiz bewirkte directe Muskelzuckung an Stärke und Dauer weit übertreffen. Endlich spricht sich die centrale Natur dieser Vorgänge in der Abhängigkeit aus, in der sich die Reflexcentren von andern centralen Gebieten, mit denen sie in Verbindung stehen, befinden. Längst ist beobachtet, dass durch Wegnahme des Gehirns die Reflexerregbarkeit des Rückenmarks gesteigert wird. Von den höheren Centralorganen scheinen also fortwährend Einflüsse auszugehen, welche die Reizbarkeit der tiefer gelegenen Reflexcentren vermindern. Man pflegt solche Einflüsse allgemein als hemmende Wirkungen zu bezeichnen. Eine stärkere Hemmung erfahren meistens die Reflexcentren, wenn irgend welche andere sensorische Centraltheile, mit denen sie zusammenhängen, gleichzeitig gereizt werden. Der durch Erregung einer sensibeln Rückenmarkswurzel ausgelöste Reflex wird also gehemmt, wenn man gleichzeitig eine andere sensible Wurzel erregt [1]). Nur die Nervenwurzeln, die mit einander in gleicher Höhe und auf derselben Seite in das Mark eintreten, machen in dieser Beziehung eine Ausnahme: ihre gleichzeitige Reizung bewirkt entweder, wenn die Reize schwach sind, Zunahme der Reflexe durch Summirung der Erregungen oder, bei stärkeren Reizen, denselben Erfolg, als wenn nur die eine Wurzel gereizt wäre, also keine Zunahme, aber auch keine Hemmung der Zuckungen [2]). Aehnlich der Erregung anderer sensibler Nerven wirkt die Reizung centraler Gebiete, sobald dieselben irgend einem Theile der sensorischen Leitungsbahn zugehören. So hemmt namentlich Reizung der Hinterstränge des Rückenmarks und der sensorischen Ganglien, der Vierhügel und Thalami, die Reflexe [3]). Es ist nicht unwahrscheinlich, dass der

---

Aber die hierher gezählten Erscheinungen gehören zum Theil, wie das Gefühl der Anstrengung bei der Muskelbewegung, in ein ganz anderes Gebiet, zum Theil sind sie überhaupt zweifelhafter Natur. Vgl. Volkmann, Nervenphysiologie in Wagner's Handwörterbuch der Physiol. II, S. 530.

1) Herzen (und Schiff), expériences sur les centres moderateurs de l'action réflexe. Turin 1864. p. 32.

2) S. unten Cap. VI.

3) Setschenow (physiologische Studien über die Hemmungsmechanismen für die Reflexthätigkeit des Rückenmarks. Berlin 1863) fand, dass Reizung des Thalamus, der Vierhügel und der medulla oblongata die Reflexe hemmt; in Betreff der Reizung des Rückenmarks erhielt er ein negatives Resultat, wahrscheinlich weil er sich des wenig wirksamen Kochsalzes zur Reizung bediente. In einer späteren Arbeit (über die elektrische und chemische Reizung der sensibeln Rückenmarksnerven des Frosches, Graz 1868) bestätigt aber Setschenow die von Herzen (a. a. O.) gefundene Thatsache, dass Reizung der sensibeln Rückenmarkswurzeln auch bei geköpften Thieren die Reflexe herabsetzt, woraus offenbar auf hemmende Einwirkungen, die im Rückenmark selbst entstehen, geschlossen werden muss. In der That findet man nun, dass Erregung

Einfluss der Grosshirnhemisphären demselben Gebiet von Erscheinungen zugehört, indem auch er vielleicht von den Endigungen der sensorischen Leitungsbahn in der Hirnrinde ausgeht. Der Umstand, dass diese Hemmung durch die Grosshirnlappen mit jener Unterdrückung der Reflexe, welche der Wille ausführt, wahrscheinlich identisch ist, steht einer solchen Annahme nicht im Wege, da die Willenserregungen überhaupt auf einer Wechselwirkung motorischer und sensorischer Centren beruhen[1]). Hiernach dürfte der Mechanismus der Reflexhemmung überall ein übereinstimmender sein. Reflexe werden gehemmt, wenn die sensorischen Zellen, welche ihre Erregung auf motorische übertragen sollen, gleichzeitig von andern sensorischen Gebieten her Einwirkungen empfangen. Doch müssen diese Einwirkungen den reflexauslösenden sensorischen Zellen in einer bestimmten Richtung zufliessen, wenn die Hemmung stattfinden soll. Diejenigen sensorischen Elemente, welche in gleicher Höhe und auf derselben Seite liegen, verstärken, wenn sie miterregt werden, den Reflexvorgang, allen andern kommt in höherem oder geringerem Grade die hemmende Wirkung zu[2]).

---

der Hinterstränge mit schwachen elektrischen Reizen, unter den nothwendigen Cautelen zur Verhütung von Stromesschleifen auf die motorischen Gebiete ausgeführt, die Reflexerregbarkeit deutlich herabsetzt. Hiernach glaube ich allgemein den Satz aufstellen zu können, dass Reizung sensorischer Centraltheile hemmend auf die Reflexe wirkt.

1) Vgl. den fünften Abschnitt. Bei directer Reizung der Grosshirnlappen hat man allerdings bis jetzt keine Hemmung der Reflexe beobachtet. Doch erheischt dieser Punkt mit Rücksicht auf die verschiedenen Provinzen der Hirnrinde noch eine genauere Untersuchung. Auch ist zu erwägen, erstens dass bei Thieren, deren grosses Gehirn vollständig erhalten ist, die Reflexe eben wegen des Einflusses der Willensinnervation an und für sich schon schwächer sind, und zweitens dass die Hirnrinde in besonders hohem Grade die veränderte Reizbarkeit der centralen Substanz zeigt. Aus diesen Gründen kann im vorliegenden Fall dem negativen Resultat kein grosser Werth beigemessen werden.

2) Setschenow (a. a. O.) hat alle Fälle von Reflexhemmung auf die Wirksamkeit besonderer reflexhemmender Centren, als welche er ursprünglich die Vierhügel, Thalami und den obern Theil der medulla oblongata ansah, zurückzuführen gesucht. Auch die Verstärkung der Reflexe nach der Enthauptung leitete er von dem Wegfall jener Centren her. Diese Ansicht hat Setschenow später in doppelter Hinsicht modificirt: erstens indem er auch im Rückenmark Hemmungscentren anerkannte (über die elektr. und chem. Reizung etc. S. 40), und zweitens insofern er eine Hemmung von jenen centralen Centren aus nur noch bei Schmerzerregungen, nicht für tactile Reflexe statuirte (Setschenow und Paschutin, neue Versuche am Hirn und Rückenmark des Frosches. Berlin 1865, S. 78). Was die letztere Unterscheidung betrifft, so wäre es wohl möglich, dass die auf tactile Reize eintretenden Bewegungen überhaupt nicht Rückenmarksreflexe, sondern combinirte Reflexwirkungen höher gelegener Nervencentren gewesen sind. Trennt man nämlich das Gehirn unter der medulla oblongata ab, so zeigt zwar das Rückenmark grosse Reflexerregbarkeit auf chemische, elektrische und stärkere mechanische Reize, aber blosse Tasteindrücke sind in der Regel erfolglos. Nach dem oben aufgestellten Princip ist es nun begreiflich, dass die Centren des Mittelhirns auf Reflexe, die von ihnen selbst ausgehen, nicht hemmend wirken können. Dass übrigens auch sensible Reflexe von höher gelegenen Nervencentren aus gehemmt werden können, hat Goltz an einem Beispiel gezeigt. Leise Berührung der Rückenhaut löst beim Frosch das Quaken aus: dieser Reflex tritt mit einer Art mechanischen Zwanges ein bei Thieren, deren Grosshirnlappen entfernt wurden; so lange die letzteren erhalten sind, bleibt er

Die einfache Reflexbewegung ist ein Vorgang, welcher an und für sich den niedrigeren Centralgebieten des Nervensystems zufällt. Denn eine sensible Reizung wird auf eine motorische Bahn da am leichtesten und unter den einfachsten Bedingungen übergehen, wo sensible und motorische Nervenkerne nahe bei einander gelagert und durch Centralfasern verbunden sind. Diejenigen Theile des Centralorgans, aus welchen unmittelbar einander zugeordnete Empfindungs- und Bewegungsnerven hervortreten, also das Rückenmark und das verlängerte Mark, sind daher auch vorzugsweise der Sitz der Reflexaction. Wie das Rückenmark in seiner ganzen Länge ein gleichförmiges Ursprungsgesetz seiner Nerven zeigt, so verhalten sich auch die von demselben ausgehenden Reflexe gleichförmig, indem sie lediglich nach den früher erörterten Leitungsgesetzen mit wachsendem Reiz oder wachsender Reizbarkeit sich ausbreiten (S. 116). Von verwickelterer Beschaffenheit sind die Reflexe, welche dem verlängerten Mark angehören. Dieses Organ ist der Sitz einer Anzahl zusammengesetzter Reflexbewegungen, denen bei verschiedenen physiologischen Functionen eine wichtige Rolle zukommt. Hierher gehören namentlich die Bewegungen des Ein- und Ausathmens, sowie einige mit ihnen nahe zusammenhängende Vorgänge, wie das Husten, Niesen, Erbrechen, ferner die Muskelwirkungen beim Schluckacte, die mimischen Bewegungen, die Herzbewegungen und die Gefässinnervation. Viele dieser Reflexe stehen in inniger Wechselbeziehung, worauf schon der Umstand hinweist, dass die peripherischen Bahnen für die verschiedenen Reflexe vielfach in den nämlichen Nerven-

---

sehr häufig aus. (Goltz, Beiträge zur Lehre von den Functionen der Nervencentren des Frosches. Berlin 1869. S. 41.) Hier handelt es sich also zugleich um einen Fall, in welchem unzweifelhaft die Hemmung von den Grosshirnlappen ausgeht. So würden denn nach dem jetzigen Stand der Untersuchung, wenn man der Setschenow'schen Theorie folgen wollte, überall im ganzen Cerebrospinalorgan Hemmungscentren vorauszusetzen sein. Schon Goltz hat daher die Annahme bevorzugt, dass allgemein die Reflexe gehemmt werden durch Erregungen, welche den die Reflexübertragung vermittelnden Zellen von andern sensibeln Nervenfasern zufliessen (a. a. O. S. 43 u. f.). Ich muss diese Annahme nur in dem einen Punkte berichtigen, dass die Erregungen der reflexübertragenden Zelle in bestimmten Richtungen zufliessen müssen, wenn Hemmung stattfinden soll, und dass, wenn dieser Zufluss von einer andern Seite her geschieht, von Fasern nämlich, durch die sie mit den ihr zunächst liegenden Zellen verknüpft ist, keine Hemmung, sondern eine Verstärkung der Erregung stattfindet. Was die Hemmung durch Reizung anderer sensorischer Theile betrifft, so ist die Erklärung, welche schon Herzen und Schiff von dem Vorgange geben, mit dieser Theorie verwandt; doch fassen sie die Hemmung als eine Ermüdungserscheinung auf, was mir durch viele Beobachtungen, wo schwache Reize bei völlig unermüdetem Centralorgane Hemmung verursachen, widerlegt zu werden scheint. (Herzen a. a. O. p. 65.) Den Einfluss der Enthauptung führen sie darauf zurück, dass der Reiz, sobald er über eine kleinere Strecke centralen Gebiets sich ausbreite, einen stärkeren Effect hervorbringen könne (ebend. p. 41), eine Anschauung, welche mit der Thatsache, dass nur der Wegfall bestimmter Centralgebiete die Reflexsteigerung herbeiführt, ebenso wie mit den allgemeinen Eigenschaften der Nervensubstanz in entschiedenem Widerspruch steht. Hierauf werden wir in Cap. VI näher eingehen, wo auch erst für die allgemeine Theorie der Hemmungswirkungen der Ort ist.

stämmen verlaufen. Einzelne der genannten Vorgänge, wie die Athmungs- und Herzbewegungen, erfolgen, weil sie gleichzeitig von andern Ursachen abhängen, auch dann noch, wenn die Reflexbahnen unterbrochen sind; die Vorgänge stehen daher in diesem Fall nur unter dem mitbestimmenden Einfluss des Reflexes. Andere, wie die Schluckbewegungen, scheinen reine Reflexe zu sein, indem sie durch Unterbrechung der sensibeln Leitung zu dem Reflexcentrum aufgehoben werden, auch wenn die motorische Leitung zu den Muskeln, welche der betreffenden Bewegung vorstehen, unversehrt geblieben ist. Alle diese durch das verl. Mark vermittelten Reflexe unterscheiden sich von den Rückenmarksreflexen dadurch, dass die sensibeln Reize in der Regel sogleich auf eine grössere Zahl motorischer Bahnen übergehen. Schon bei schwachen Reizen ist desshalb die Bewegung ausgebreiteter, indem entweder gleichzeitig oder successiv verschiedene Muskelgruppen in Action versetzt werden. Viele sind daher auch von vornherein bilateral, breiten sich nicht erst bei starken Reizen auf die andere Seite aus. So sind an den Athembewegungen, welche durch Erregung der Lungenausbreitung des zehnten Hirnnerven ausgelöst werden, stets motorische Wurzeln betheiligt, die beiderseits aus der medulla oblongata sowie aus dem Hals- und Brusttheil der Wirbelsäule entspringen. Zugleich ist die Athembewegung das Beispiel eines Reflexes, welcher vermöge einer Art von Selbststeuerung den Grund zu seiner fortwährenden rhythmischen Wiederholung in sich trägt. Während nämlich das Zusammensinken der Lunge bei der Exspiration reflectorisch die Inspiration in Wirkung versetzt, erregt umgekehrt die Aufblähung der Lunge bei der Inspiration die Exspirationsmuskeln. Ist der bei der Einathmung stattfindende Reflexantrieb der Exspiratoren zu schwach, um eine active Anstrengung derselben hervorzubringen, so hemmt er nur die antagonistischen Inspiraratoren. Dies ist der Fall bei der gewöhnlichen ruhigen Athmung, bei welcher nur die Inspiration, nicht die Exspiration mit activer Muskelanstrengung verbunden ist[1]. Durch eine andere Weise der Selbstregulirung scheint bei den Schluckbewegungen die regelmässige Aufeinanderfolge der Vorgänge vermittelt zu sein. Der Act des Schluckens besteht in Bewegungen des Gaumensegels, des Kehlkopfs, des Schlundes und der Speiseröhre, die, sobald ein Reiz auf die Schleimhaut des weichen Gaumens einwirkt, regelmässig in derselben Zeitfolge sich an einander reihen[2]. Vielleicht wird in diesem Fall die Succession der Bewegungen dadurch vermittelt, dass die Reizung des weichen Gaumens zunächst nur die Bewegung der Gaumenmuskeln bewirkt, dass aber die letztere selbst wieder

---

[1] S. mein Lehrbuch der Physiologie, 3te Aufl., S. 389.
[2] Ebend. S. 187.

ein Reiz ist, welcher reflectorisch die Hebung des Kehlkopfes und die Contraction der Schlundmuskeln hervorbringt. So sind wahrscheinlich alle diese Reflexe des verlängerten Marks, deren nähere Schilderung wir übrigens der Physiologie überlassen müssen, ausgezeichnet durch die Combination von Bewegungen zur Erzielung bestimmter Effecte, wobei die Art der Combination oft durch eine Selbstregulirung zu Stande kommt, die in der wechselseitigen Beziehung mehrerer Reflexmechanismen begründet liegt. Eine weitere bemerkenswerthe Eigenschaft dieser Reflexe besteht darin, dass die motorische Bahn einer bestimmten Reflexbewegung zuweilen noch mit einer zweiten sensibeln Bahn in Verbindung steht, von welcher aus nun die nämliche Bewegung angeregt werden kann. Insbesondere von den Centren der Athmung erstrecken sich solche sensorische Seitenbahnen, durch welche das combinirte Zusammenwirken der Respirationsmuskeln auch noch zu andern Zwecken als denen der Luftfüllung und Luftentleerung der Lunge nutzbar gemacht wird. Hierher gehört die Verbindung der sensibeln Nerven der Kehlkopf- und Luftröhrenschleimhaut (des obern und theilweise auch des untern Kehlkopfnerven), sowie der in der Nase sich ausbreitenden Zweige des fünften Hirnnerven mit dem Centrum der Exspiration. Reizung jener sensibeln Gebiete bewirkt daher zuerst Hemmung der Inspiration und dann heftige Exspiration. Der letzteren geht aber, weil die unten zu erwähnenden Einflüsse automatischer Erregung fortdauern, eine kräftige Inspiration als nächste Folge der entstandenen Hemmung voran. So sind demnach Husten und Niesen Exspirationsreflexe, die aber nicht von dem sensibeln Gebiet der Ausbreitung des Lungenvagus aus erregt werden, von welchem der gewöhnliche Antrieb zur Exspiration ausgeht. Husten und Niesen unterscheiden sich übrigens dadurch, dass die Reizung der Nasenäste des Trigeminus immer neben den Respirationsmuskeln zugleich den motorischen Angesichtsnerven, den Facialis, zum Reflex anregt. Hierdurch bildet dieser Reflex den unmittelbaren Uebergang zu den mimischen Reflexen des Lachens, Weinens, Schluchzens u. s. w., bei denen sich ebenfalls die Antlitzmuskeln mit den Respirationsmuskeln zu combinirten Bewegungen vereinigen[1]). Wie von dem Centrum der Exspiration eine sensible Seitenbahn zur Schleimhaut der Luftwege geht, so führt eine ähnliche vom Centrum der Inspiration zur allgemeinen Körperbedeckung. Man erklärt sich auf diese Weise die Inspirationsbewegungen, welche starke Reizung, namentlich Kältereizung, der Haut herbeiführt.

---

[1]) Diese sowie die übrigen mimischen Reflexe werden wegen ihrer vorwiegend psychologischen Bedeutung im Capitel von den Ausdrucksbewegungen näher besprochen werden.

Aber nicht nur ist insgemein in der medulla oblongata eine bestimmte motorische Reflexbahn mit verschiedenen sensorischen Bahnen verknüpft, sondern es kann auch umgekehrt eine und dieselbe sensorische Bahn mit mehreren Reflexcentren in Verbindung treten, so dass bei ihrer Reizung verschiedenartige Bewegungsreflexe gleichzeitig entstehen. Hierher gehören schon die oben erwähnten mimischen Reflexe, bei denen sich Athmungsbewegungen mit Bewegungen der Antlitzmuskeln combiniren. Durch eine ähnliche Beziehung kommt, theilweise wenigstens, die Wechselwirkung der Athmungs- und Herzbewegungen zu Stande. Zum Herzen gehen zweierlei Nervenbahnen, welche die Schlagfolge desselben in entgegengesetzter Weise verändern: die einen sind Beschleunigungsnerven, sie erhöhen die Frequenz der Herzschläge, die andern sind Hemmungsnerven, sie vermindern dieselbe oder bringen das Herz gänzlich zum Stillstand. Beide können reflectorisch erregt werden, aber bestimmte sensible Bahnen stehen mit dem Centrum der Beschleunigungsfasern, welche sich vorzugsweise in den Rückenmarksnerven für das letzte Hals- und erste Brustganglion des Sympathicus zum Herzen begeben, andere mit dem Centrum der Hemmungsfasern, welche vorzugsweise in den Herzästen des Vagus verlaufen, in nächster Verbindung. So bewirkt Reizung der meisten sensibeln Nerven, namentlich der Hautnerven, der Kehlkopfnerven, der Eingeweidenerven, Hemmung, Reizung der in die Muskeln tretenden sensibeln Fäden Beschleunigung des Herzschlags; die letztere Erfahrung erklärt die gesteigerte Herzaction, welche stets allgemeine Muskelanstrengungen begleitet. Von ähnlich entgegengesetztem Einflusse sind nun die Bewegungen der Lunge, ihr Aufblähen beschleunigt, ihr Zusammensinken vermindert die Herzfrequenz. Desshalb sind die Athembewegungen regelmässig von Schwankungen des Pulses begleitet, indem dessen Häufigkeit bei der Inspiration zu-, bei der Exspiration abnimmt. In Folge dieses Wechsels wird aber die Blutbewegung im Ganzen durch verstärkte Athembewegungen beschleunigt. Eine ähnliche Wechselwirkung findet sich zwischen den Reflexbeziehungen der Herz- und Gefässinnervation. Die Gefässe sind gleich dem Herzen von bewegenden und hemmenden Nerven beeinflusst, welche beide reflectorisch erregt werden können. Die Reizung der meisten sensibeln Nerven löst den Bewegungsreflex aus, wirkt also auf jene Nervenfasern, welche, da sie die kleinen arteriellen Blutgefässe verengern und so in den grössern Arterien Erhöhung des Blutdrucks hervorbringen, die **pressorischen** Fasern genannt werden; nur die der gereizten Hautstelle selbst zugehörigen Gefässe pflegen sich sogleich oder nach einer rasch vorübergehenden Verengerung zu erweitern und so die bekannte Hyperämie und Röthe der gereizten Theile zu veranlassen. Aber einzelne sensible Gebiete gibt es, welche umgekehrt mit den hemmenden oder **depresso-**

rischen Fasern der Gefässe in directem Reflexzusammenhang stehen, deren Reizung also ausgebreitete Erweiterung der kleineren Gefässe nach sich zieht[1]. Hierher gehören namentlich gewisse Fasern des Vagus, die im Herzen selbst als dessen sensible Nerven sich ausbreiten, Fasern, die wahrscheinlich speciell dieser durch den Reflex vermittelten Wechselwirkung zwischen Herz- und Gefässinnervation bestimmt sind. Die normale physiologische Reizung derselben wird nämlich bei gesteigerter Herzaction eintreten. Eine solche bewirkt nun Erhöhung des Blutdrucks und stärkere Bluterfüllung des arteriellen Systems, Wirkungen, die nur compensirt werden können durch eine Erweiterung der kleinen Arterien, welche dem Blute den Abfluss in die Venen gestattet und damit gleichzeitig den arteriellen Blutdruck herabsetzt. So stehen alle diese Reflexe des verlängerten Marks in einer Wechselwirkung, vermöge deren sich die von jenem Centralorgan abhängigen Functionen gegenseitig reguliren und unterstützen. Ein heftiger Kältereiz auf die äussere Haut bewirkt reflectorisch Inspirationskrampf und Herzstillstand. Der Gefahr, welche hierdurch dem Leben droht, wird aber gesteuert, indem die ausgedehnte Lunge reflectorisch Exspiration und Beschleunigung der Herzbewegungen erregt, während gleichzeitig die Reizung der Haut durch einen weiteren Reflex Verengerung der kleineren Arterien herbeiführt und so die allzu weit gehende Entleerung des still stehenden Herzens verhütet.

Wahrscheinlich sind die Nervenkerne des verlängerten Marks samt den zwischen ihnen verlaufenden Centralfasern als die hauptsächlichsten Reflexcentren dieses Centralorgans zu betrachten. Die complicirtere Beschaffenheit seiner Reflexe scheint sich hinreichend aus den veränderten anatomischen Bedingungen jener Nervenkerne zu erklären. Indem dieselben im allgemeinen strenger von einander isolirt sind als die Ursprungscentren der Rückenmarksnerven, dafür aber bestimmte Kerne durch besondere Centralfasern unter einander sowie mit bestimmten Fortsetzungen der Rückenmarksstränge wahrscheinlich näher verknüpft sind, erklärt sich wohl die in sich abgeschlossenere und deutlicher auf einen bestimmten Zweck gerichtete Natur der Oblongatareflexe. Insoweit sich Rückenmarksfasern in grösserer Zahl an den Reflexen der medulla oblongata betheiligen, ist es möglich,

[1]) Der Ausdruck pressorische und depressorische Nerven ist, wie oben angedeutet, lediglich den als Folgeerscheinung ihrer Reizung eintretenden Veränderungen des Blutdrucks entnommen. Die pressorischen Fasern regen die Ringmuskeln der Gefässe zur Contraction an; da aber diese Wirkung an den kleinen Arterien wegen ihrer relativ mächtigsten Muskellage am meisten sich geltend macht, so entsteht hierdurch in den dem Herzen benachbarten grossen Arterien Zunahme des Blutdrucks. Die Ringmuskeln der Gefässe sind nun ausserdem, wie wir unten sehen werden, durch eine fortwährende automatische Reizung in stetiger Contraction: auf diese wirkt die Erregung der depressorischen Fasern hemmend, es erfolgt so Erweiterung der kleinen Arterien und Abnahme des Blutdrucks. Vergl. mein Lehrb. der Physiol. 3te Aufl. §. 73. (S. 317 u. f.)

dass sich dieselben zunächst in grauer Substanz sammeln und dann erst von dieser aus mit den ihnen zugeordneten Nervenkernen in Verbindung treten. So werden also vielleicht die motorischen Respirationsfasern in einem besondern Ganglienkern gesammelt, der mit dem Vaguskern in Verbindung steht. Manchen der zerstreuten grauen Massen in der reticulären Substanz könnte eine solche Bedeutung zukommen. Dagegen ist es nicht wahrscheinlich, dass so complicirte Bewegungen wie die Athem-, Schluck- und mimischen Bewegungen je einen einzigen Ganglienkern als ihnen eigenthümliches Reflexcentrum besitzen. Abgesehen nämlich davon, dass derartige Centren für complicirtere Reflexe nicht nachgewiesen werden konnten, widerstreitet die Natur jener Bewegungen selbst dieser Annahme. So müssen wir für die Athembewegungen augenscheinlich zwei Reflexcentren voraussetzen, eines für die In-, ein anderes für die Exspiration. Gewisse mimische Bewegungen, wie Lachen, Weinen, erklären sich viel anschaulicher, wenn man eine Reflexverbindung annimmt, welche gewisse sensible Bahnen gleichzeitig mit den Respirationscentren und bestimmten Theilen des Facialiskernes verbindet, als wenn man ein besonderes Hülfsganglion statuirt, welches diese complicirten Bewegungen in unerklärlicher Weise zur Ausführung bringt. Ebenso sind die Schluckbewegungen viel einfacher, analog den Athembewegungen, aus dem Princip der Selbstregulirung abzuleiten, indem man annimmt, dass der erste Bewegungsact des ganzen Vorgangs zugleich den Reflexreiz für den nächsten, dieser für den weiter folgenden mit sich führt[1].

Unter den vier sogenannten specifischen Sinnesreizen gibt es nur zwei, die von ihren sensibeln Nerven aus Reflexe vermitteln: es sind dies erstens die Geschmackseindrücke und zweitens der Lichtreiz. Die ersteren stehen in Reflexbeziehung zu den Bewegungen des mimischen Ausdrucks, Reflexe, von denen einzelne sich, wie schon oben bemerkt wurde, leicht mit Athmungsreflexen combiniren, woraus auf eine nähere Verbindung der entsprechenden Reflexcentren geschlossen werden kann[2]. Der Lichtreiz

---

[1] Als Centren für einzelne der Reflexe des verl. Marks hat SCHRÖDER VAN DER KOLK namentlich die unteren und oberen Oliven betrachtet. Die ersteren sollten der Bewegungscombination beim Sprechen und Schlucken, die letzteren bei den mimischen Bewegungen dienen. (SCHRÖDER V. D. KOLK, Bau und Functionen der medulla spinalis und oblongata. S. 165 u. f. Aber schon die Anatomie der Leitungsbahnen ist dieser Annahme nicht günstig. Vgl. Cap. IV, S. 131, Anm.

[2] Der Geschmack ist die einzige unter den sogenannten specifischen Sinnesenergieen, die an zwei verschiedene Nerven, an den Glossopharyngeus und den Zungenast des Trigeminus, gebunden zu sein scheint. Vgl. mein Lehrb. der Physiol. S. 627. Die hauptsächlichste Reflexverbindung beider ist die mit dem Facialis, welcher die mimischen Bewegungen beherrscht; die Beziehung der letzteren Bewegungen sowie des Niesens, das durch peripherische Reizung des Nasenastes vom Trigeminus entsteht, zu den Athembewegungen erklärt sich am einfachsten, wenn man ausserdem eine Verbindung der Kerne genannter Nerven mit dem Vaguskern voraussetzt, welcher letztere

verursacht regelmässig einen doppelten Reflex: erstens Schliessung des Augenlids mit Richtung beider Augen nach innen und oben, und zweitens Verengerung der Pupille; beide Reflexe sind bilateral, doch ist bei schwächeren Erregungen die Bewegung auf der gereizten Seite die stärkere[1]. Vom Hör- und Riechnerven sind uns keine Reflexe bekannt. So innig, wie wir sehen werden, die Beziehung des Hörnerven zu jenen Bewegungsantrieben ist, die von dem grossen Gehirn ausgehen, so ist demselben doch das Gebiet des eigentlichen Reflexes verschlossen. Bei beiden Nerven hängt dies ohne Zweifel mit den Bedingungen ihrer centralen Vertretung zusammen, die sie mit motorischen Nervenkernen nirgends in directe Verbindung setzt.

Hinsichtlich ihrer Fähigkeit, bei starkem Reiz oder gesteigerter Reizbarkeit ausgebreitetere Reflexe hervorzubringen, welche über das Gebiet der engeren Reflexverbindung hinausgreifen, verhalten sich die Hirnnerven weit verschiedener als die Rückenmarksnerven. Fast ganz auf sein engeres Reflexgebiet beschränkt ist der Sehnerv; höchstens breitet sich hier die Verbindung mit dem Augenschliessmuskel auf die weiteren Zweige des Antlitznerven aus, und es entstehen so bei übermässigen Lichtreizen Krämpfe aller Gesichtsmuskeln. Eine grössere Ausdehnung können schon die von den Geschmacksnervenfasern ausgehenden Reflexe gewinnen, indem sie ausser dem Antlitznerven leicht auch das Vaguscentrum ergreifen. Gleichfalls meist auf ihr ursprüngliches Reflexgebiet beschränkt bleibt die Reizung der sensibeln Respirationsnerven. Die stärkste Erregung der centralen Stränge des Lungenvagus bewirkt neben dem Inspirationstetanus keine weiteren Reflexe. Ausgebreiteter sind schon die Reflexbeziehungen

---

wahrscheinlich direct durch Centralfasern mit den Ursprüngen der motorischen Respirationsnerven verbunden ist, und zwar der eine Theil des Kerns mit den Inspirations-, der andere mit den Exspirationsnerven. Bei den mimischen Bewegungen findet ebenso wie beim Niesen hauptsächlich Exspirationsreflex statt. Die lang anhaltende oder stossweise Inspiration, die dem wirklichen Zustandekommen dieses Reflexes voranzugehen pflegt, ist darin begründet, dass der Exspirationsreflex zuerst nur eine Zeit lang die Inspiration gehemmt hatte, worauf der in anderweitigen Ursachen begründete Antrieb zur letzteren bedeutend ansteigt. (Vgl. mein Lehrb. der Physiol., S. 395.) Das Centrum der sensibeln Geschmacksnerven steht also ohne Zweifel mit dem exspiratorischen Theil des Vaguscentrums in Verbindung.

[1] Die Schliessung des Augenlids ist Reflex auf den Facialis, die Verengerung der Pupille und die Aufwärts- und Innenwendung Reflex auf den Oculomotorius. Alle diese Bewegungen sind zugleich Fälle von Mitbewegung. Wenn wir z. B. das Auge willkürlich schliessen, so wenden wir immer zugleich den Augapfel nach oben und innen, und wenn wir die letztere Bewegung ausführen, so verengert sich gleichzeitig die Pupille. Da der Lichtreiz alle drei Bewegungen simultan hervorbringt, so ist man nicht berechtigt bloss die eine Wirkung, etwa diejenige auf die Augenlider, als reflectorische und die andere als Mitbewegung aufzufassen; wohl aber ist es sehr leicht denkbar, dass Bewegungen, die in genauer Reflexverbindung stehen, auch insofern einander associirt sind, als mit der willkürlichen Hervorbringung der einen Bewegung immer die andern sich verbinden.

jener Fasern, welche mit dem Exspirationscentrum in Verbindung gesetzt sind. Reizung der sensibeln Kehlkopfnerven, namentlich ihrer peripherischen Enden, ergreift leicht ausser den Exspiratoren noch die Muskeln des Antlitzes und der oberen Extremität. In die allseitigste Reflexbeziehung ist aber der mächtigste sensible Hirnnerv, der Trigeminus, gesetzt. Er ist derjenige Empfindungsnerv des Körpers, dessen Reizung am leichtesten und häufigsten allgemeine Reflexkrämpfe im Gefolge hat. Zunächst greift seine Reizung auf seine eigene, die Kaumuskeln versorgende motorische Wurzel, dann auf den Antlitznerven, die Respirationsnerven über, worauf endlich allgemeine Krämpfe eintreten. Dieses Verhalten erklärt sich leicht einerseits daraus, dass der Trigeminus unter allen sensibeln Wurzeln die grösste sensible Fläche beherrscht, und dass daher auch seine Nervenkerne ein weites Gebiet einnehmen, das zu vielseitigen Verbindungen mit motorischen Ursprungszellen Veranlassung gibt, anderseits kommen die speciellen Lagerungsverhältnisse seiner Kerne in Rücksicht. Die oberen dieser Kerne sind über die eigentliche medulla oblongata hinauf in die Brücke verlegt, in jenes Gebilde also, in welchem die aufsteigenden Markstränge unter Interpolation grauer Substanz zu den verschiedenen Bündeln des Hirnschenkels sich ordnen. Erstrecken sich nun, wie es wohl denkbar ist, Centralfasern der Quintuskerne zu solchen grauen Massen der Brücke, in welchen alle motorischen Leitungsbahnen des Körpers vertreten sind, so wird die Leichtigkeit, mit der gerade nach Quintusreizung allgemeine Muskelkrämpfe entstehen, verständlich. Vorzugsweise leicht treten aber die letzteren auf, wenn die centralen Wurzelfasern jenes Nerven gereizt werden. Verletzungen des verl. Marks in der Nähe der Quintuskerne haben daher allgemeine Reflexkrämpfe im Gefolge, wobei übrigens an diesen auch die Reizung anderer sensibler Wurzeln der medulla oblongata betheiligt sein mag[1].

[1] Nach NOTHNAGEL (VIRCHOW's Archiv, Bd. 44, S. 4) erstreckt sich das Gebiet der medulla oblongata, dessen mechanische Reizung allgemeine Reflexkrämpfe auslöst, vom obern Ende der alae cinereae bis über den locus coeruleus, über den es weiter hinauf wegen experimenteller Schwierigkeiten nicht verfolgt werden kann; innen beginnt es am lateralen Rand der runden Erhabenheiten, aussen endet es am lateralen Rand des locus coeruleus, von da nach abwärts ist es unbestimmter begrenzt. Das so umschriebene Gebiet entspricht nun im wesentlichen dem Ursprung aller sensibeln Hirnnerven vom Quintus bis zum Vagus. Nach den Ergebnissen, welche die Reizung der Nervenstämme und ihrer peripherischen Ausbreitungen liefert, kann aber nicht wohl gezweifelt werden, dass die Reflexe auch in diesem Fall vorzugsweise durch die Reizung der Wurzelfasern des Quintus erregt werden. Dass die so entstehenden Convulsionen Reflexe sind, geht mit Wahrscheinlichkeit aus Versuchen hervor, in denen NOTHNAGEL die vor der medulla oblongata gelegenen Hirntheile successiv abtrug. Es zeigte sich hier, dass die Krämpfe aufhörten, sobald die Brücke an ihrem hinteren Ende getrennt war. Danach ist also wahrscheinlich die Brücke der Ort der Reflexübertragung.

Mehrere unter den motorischen Gebieten, welche aus Anlass eines Reflexes in Function treten können, empfangen gleichzeitig Impulse, die unmittelbar von ihren Centralpunkten ausgehen. Alle solche Erregungen, welche den Nervencentren nicht von aussen mitgetheilt sind, sondern in ihnen selbst entspringen, pflegt man **automatische Erregungen** zu nennen. Nicht nur Muskelbewegungen, sondern auch Empfindungen und Hemmungen bestimmter Bewegungen können auf diese Weise entstehen. Nicht immer ist es leicht, die automatische Reizung von solchen Erregungen zu unterscheiden, die aus äussern Reizen hervorgehen oder wenigstens dem erregten Centrum von aussen, z. B. von irgend einem andern Punkt des Centralorgans, mitgetheilt sind. Auf alle unsere Sinne wirken fortwährend schwache Reize ein, welche zum Theil in den Structurverhältnissen der Sinnesorgane selbst ihren Grund haben. Diese schwachen Erregungen, wie sie z. B. durch den Druck bewirkt werden, unter dem die Netzhaut im Auge, die schallpercipirenden Membranen im Gehörlabyrinth stehen, sind natürlich für die empfindenden Nervencentren durchaus den äusseren Erregungen äquivalent. Bei den Bewegungen ist zwar an den eigentlichen Reflexen der Ursprung aus einem äussern Reiz immer deutlich zu erkennen. Dies ist nicht so bei einigen noch zu besprechenden Bewegungen, welche von höher gelegenen Centraltheilen ausgehen, und bei denen oft erst eine genauere Analyse des Vorgangs zeigt, dass auch hier die Bewegung in äusseren Reizen ihren letzten Ursprung hat. Sondern wir nun solche Fälle ab, in denen entweder nachweisbar oder wahrscheinlich der Vorgang aus äussern Reizen hervorgeht, so scheint für alle automatischen Erregungen die nämliche oder doch eine sehr übereinstimmende Form innerer Reizung den Ursprung zu bilden. Ueberall sind es **Zustände oder Veränderungen des Blutes**, aus welchen die inneren Reizungserscheinungen hervorgehen. Am augenfälligsten ist dies bei den für die vegetativen Lebensvorgänge ausnehmend wichtigen automatischen Erregungen, die in den Nervenkernen des verlängerten Marks entspringen; schwieriger wird es bei gewissen Erregungsvorgängen der höheren Centraltheile, die Natur der innern Reize nachzuweisen. Von dem Rückenmark ist es zweifelhaft, ob es überhaupt der Sitz automatischer Erregung sei [1].

---

[1] Die Erscheinungen, welche auf automatische Erregungen im Rückenmark zurückgeführt wurden, sind im wesentlichen folgende. Bei Kaltblütern, denen das Gehirn samt der medulla oblongata genommen ist, scheint zuweilen noch eine gewisse Spannung der Muskeln zu bestehen, welche man auf eine automatische Reizung der letztern von ihren Centralpunkten im Rückenmark aus zurückgeführt hat. Die Thatsache wird aber zweifelhaft, weil man bei Fröschen bei Durchschneidung eines Muskelnerven auch mit den genauesten Messungshülfsmitteln keine Spur von Verlängerung des zugehörigen Muskels beobachten kann. (Heidenhain, physiologische Studien. Berlin, 1856. S. 32. Wundt, Lehre von der Muskelbewegung. Braunschweig 1858. S. 51.) Dagegen kam Brondgeest (onderzoekingen over den tonus der willekeurige spieren.

Die meisten der Reflexcentren, welche wir im verlängerten Mark kennen gelernt haben, sind zugleich automatische Centren. Die betreffenden Bewegungen dauern daher fort, auch wenn der sensorische Theil der Reflexbahn unterbrochen wurde. Hierher gehören die Athem- und Herzbewegungen sowie die Innervation der Blutgefässe. Jeder dieser Bewegungen entsprechen, wie wir sahen, zwei Centren, die jedenfalls auch räumlich gesondert sind: den Athembewegungen Centren der In- und der Exspiration, den Herzbewegungen Centren der Beschleunigung und der Hemmung des Herzschlags, der Gefässinnervation Centren der Verengerung und der Erweiterung des Gefässraumes. Von diesen Reflexcentren ist nun immer nur je eines zugleich automatisches Centrum oder steht wenigstens unter der vorwiegenden Wirkung der inneren Reize: so bei den Athembewegungen das Centrum der Inspiration, bei den Herzbewegungen das Centrum der Hemmung des Herzschlags, bei der Gefässinnervation das Centrum der Gefässverengerung. Vielleicht ist es die Lage der betreffenden Nervenkerne und die Art der Blutvertheilung in denselben, wodurch sie den automatischen Erregungen vorzugsweise zugänglich werden. Der normale physiologische Reiz aber, der, wie es scheint, alle diese Centren in Erregung versetzt, ist jene Beschaffenheit des Blutes, welche sich beim Stillstand der Athmung oder überall da ausbildet, wo die Entfernung der oxydirten Blutbestandtheile gehindert ist. Im allgemeinen also scheinen Oxydationsproducte des Blutes, theils das letzte Verbrennungsproduct, die Kohlensäure, theils niedrigere noch unbekannte Oxydationsstufen, die Reize für die genannten Centren abzugeben [1]. Jede Anhäufung von Kohlensäure und andern Oxydationsproducten erregt also das inspiratorische Centrum: es entsteht eine Einathmung, bei welcher, wie oben bemerkt wurde, in Folge der Aufblähung der Lunge das Exspirationscentrum reflectorisch er-

---

Utrecht 1860. S. 90) zu dem Resultate, dass die Muskeln sich allerdings von ihren Nerven aus in dauernder Contraction befinden, aber nur so lange als die sensibeln Wurzeln des Rückenmarks erhalten sind. Doch ist auch diese Contraction nur dann vorhanden, wenn man das Thier vertical aufhängt, nicht wenn man das Bein unterstützt, z. B. auf Quecksilber lagert. (COHNSTEIN, Archiv f. Anatomie u. Physiologie. 1863. S. 165.) Unzweifelhaft handelt es sich also in diesem Fall um eine Reflexerregung. Ausserdem hat man noch für die Schliessmuskeln der Blase und des Mastdarms sowie für den Erweiterer der Pupille automatische Centren im Rückenmark angenommen. Die ersteren sind aber vielleicht gleichfalls nur in reflectorischer Contraction, und das Centrum für den Dilatator der Pupille scheint nach neueren Untersuchungen hoher oben, in der medulla oblongata, zu liegen. (Vgl. mein Lehrb. der Physiol. S. 718.) Sollten demnach überhaupt noch automatische Erregungen sich nachweisen lassen, die vom Rückenmark ausgehen, so treten dieselben doch jedenfalls sehr zuruck gegen jene automatischen Vorgänge, deren Sitz das verl. Mark ist.

[1] Dies wird durch die Thatsache bewiesen, dass zwei Blutveranderungen Athmungsnoth hervorbringen, d. h. reizend auf das Inspirationscentrum einwirken können: erstens Ueberschuss an Kohlensäure bei zureichendem Sauerstoffzutritt und zweitens mangelnder Sauerstoff bei zureichendem Abfluss der Kohlensäure. Vgl. mein Lehrb. der Physiologie S. 887.

regt wird. So schliesst in jener automatischen Reizung der Kreis der Selbstregulirungen sich ab, durch welche der Athmungsprocess fortwährend im Gange erhalten wird. Den ersten Anstoss gibt die Blutveränderung: sie erregt als innerer Reiz die Einathmung. Damit ist aber auch der weitere periodische Verlauf von selbst gegeben. Dem durch die Ausdehnung der Lunge erregten Exspirationsreflex folgt beim Zusammensinken des Organs Inspirationsreflex und gleichzeitig in Folge der erneuten Ansammlung von Oxydationsproducten abermalige automatische Reizung des Inspirationscentrums.

Noch nicht sichergestellt ist, von welchen Reizen die automatische Erregung des Hemmungscentrums für das Herz und des pressorischen Centrums für die Blutgefässe ausgeht; aber manches spricht dafür, dass die nämlichen Blutveränderungen hier zu Grunde liegen. Man nimmt gewöhnlich an, dass es sich in beiden Fällen nicht um Erregungen handelt, die, wie die automatische Athmungsinnervation, in Folge der Selbstregulirung der Reizung, rhythmisch auf- und abwogen, sondern die dauernd in gleichmässiger Grösse anhalten. Man folgert dies daraus, dass Trennung der Hemmungsnerven des Herzens, der Vagusstämme, den Herzschlag dauernd beschleunigt, und dass Trennung der Gefässnerven eine dauernde Erweiterung der kleinen Arterien herbeiführt. Aber diese Thatsachen schliessen nicht aus, dass nicht die automatische Erregung in beiden Fällen zwischen gewissen Grenzen auf- und abschwanke. In der That sprechen hierfür mehrere Erscheinungen, wie die abwechselnden Verengerungen und Erweiterungen, die man zuweilen an den Arterien beobachtet, und die meist nach Durchschneidung der Nerven verschwinden, ferner der Zusammenhang der Pulsfrequenz mit der Athmung, der zwar theilweise, wie wir gesehen haben, von den Volumänderungen der Lunge abhängt und durch Reflex sich erklärt, zum Theil aber noch auf einen andern Ursprung hinweist, da längerer Stillstand der Athmung, mag er in In- oder Exspirationsstellung erfolgen, auch das Herz zum Stillstande bringt. Beim Erstickungstod tritt ferner regelmässig neben starker Erregung der Inspirationsmuskeln Verengerung der Blutgefässe und Hemmung des Herzschlags ein. Hiernach dürfen wir wohl annehmen, dass die automatische Reizung aller jener Centren der medulla oblongata auf analogen Blutveränderungen beruht, und die beobachteten Verschiedenheiten können leicht in den Verhältnissen der peripherischen Nervenendigung ihren Grund haben. Wir dürfen nämlich nicht übersehen, dass das Inspirationscentrum mit gewöhnlichen motorischen Nerven in Verbindung steht, deren Muskeln Schwankungen der Reizstärke, wenn sie nicht allzu rasch auf einander folgen, mit Remissionen ihrer Thätigkeit beantworten. Anders verhält sich dies mit den Herz- und Gefässnerven. Sie treten zunächst mit den Gan-

glien des Herzens und der Gefässwandungen in Verbindung und modificiren nur die von den letzteren an und für sich schon ausgehenden Innervationseinflüsse. Von allen Nerven getrennt, pulsirt das Herz, wenn auch in geändertem Rhythmus, fort, und bleibt die Gefässwandung wechselnder Verengerungen und Erweiterungen fähig. Die Ursachen, welche die Innervation dieser peripherischen Centren bestimmen, sind wahrscheinlich denjenigen sehr ähnlich, welche im verl. Mark der Athmungsinnervation zu Grunde liegen, und gleich diesen aus automatischen und reflectorischen Vorgängen zusammengesetzt, wobei der rhythmische Verlauf am Herzen und das Gleichgewicht zwischen Erregung und Hemmung an den Gefässen ebenfalls durch Selbstregulirungen zu Stande kommt, deren nähere Natur aber noch unerforscht ist[1]). Ueberall nun wo ein in einem Nerven geleiteter Reiz durch das Mittelglied von Ganglienzellen, sei es erregend, sei es hemmend, auf motorische Apparate wirkt, da wird der Vorgang in seinem Verlauf verlangsamt, so dass er sich über eine grössere Zeit vertheilt[2]). Demgemäss können auch Schwankungen der Reizung, die verhältnissmässig rasch vorübergehen, in solchen Fällen immer noch mit einer gleichmässig andauernden Erregung beantwortet werden. So stehen denn Athmungs-, Herz- und Gefässinnervation auch insofern in gegenseitiger Beziehung, als die automatischen Erregungen, aus welchen sie entspringen, wahrscheinlich auf die nämliche Quelle zurückleiten. Die Centren dieser Bewegungen bieten, wie es scheint, den inneren Reizen besonders günstige Angriffspunkte, denn kein anderes Centralgebiet reagirt so empfindlich wie diese auf Schwankungen der Blutbeschaffenheit. Bei den übrigen Theilen des centralen Nervensystems kommen, wie es scheint, die Einflüsse des Blutes erst dadurch zur Wirksamkeit, dass von jenen Centren der Athmungs-, Herz- und Gefässinnervation aus der Blutstrom Veränderungen erfährt, welche zur Quelle centraler Reizung werden, so dass, direct oder indirect, die meisten automatischen Erregungen im verlängerten Mark ihren Ursprung haben. So bilden Erregungen des Gefässnervencentrums, welche den Blutstrom im Gehirn hemmen, wahrscheinlich in sehr vielen Fällen die Ursache allgemeiner Muskelkrämpfe. Der Ausgangspunkt der Reizung ist hier wohl meistens die Brücke, vielleicht zuweilen auch ein weiter nach vorn gelegener motorischer Hirntheil, wie die vordern Hirn-

---

[1] Zwar sind bis jetzt nur Hypothesen in dieser Beziehung möglich, immerhin können solche dazu dienen, das Wesen der Vorgänge vorläufig zu veranschaulichen. So könnte man z. B. annehmen, das Blut wirke durch in ihm enthaltene Stoffe vielleicht gleichfalls durch seine Oxydationsproducte, erregend auf die Bewegungsganglien, und zwar schneller auf diejenigen, die den Vorhof zur Contraction anregen, bei der Zusammenziehung der Vorhöfe werde aber ein Reflex ausgelöst, welcher die Bewegungen wieder hemmt.

[2] Vergl. Cap. VI.

ganglien, Streifenhügel und Linsenkern[1]). Abgesehen von solchen heftigeren Reizungszufällen, die durch Einflüsse der Gefässinnervation oder ihnen ähnlich wirkende Circulationshemmungen bedingt sind, stehen aber die unmittelbar vor dem verlängerten Mark gelegenen motorischen Centren unter einer dauernden automatischen Innervation, als deren wahrscheinliche Quelle ebenfalls das Blut betrachtet werden muss. Säugethiere nehmen, so lange die Hirnbrücke erhalten ist, auch wenn alle vor ihr gelegenen Theile entfernt wurden, eine Körperhaltung an, welche auf der dauernden Innervation zahlreicher Muskeln beruht: die Thiere bleiben aufrecht oder in einer andern mit Muskelanstrengung verbundenen Stellung. Bei niedereren Wirbelthieren, welche keine eigentliche Brücke besitzen, nimmt in dieser Beziehung die medulla oblongata selbst deren Stelle ein. Ein Frosch, der vor dem verlängerten Mark enthauptet ist, kann in diesem Zustand Monate lang erhalten werden: während der ganzen Zeit bleibt er aufrecht sitzen, athmend und die Nahrung, die man ihm in den Schlund bringt, verschluckend, aber er rührt sich nicht von der Stelle, ausser wenn er gereizt wird, wo er zusammengesetzte Reflexbewegungen ausführt.

Von den über der Hirnbrücke gelegenen Theilen scheinen automatische Erregungen nur unter gewissen Bedingungen auszugehen, die unter physiologischen Verhältnissen entweder niemals oder nur zeitweise verwirklicht sind, und die bei normalen Zuständen wahrscheinlich immer, bei pathologischen wenigstens häufig in den Einwirkungen der Blutcirculation ihre Quelle haben, welche von den automatischen Centren der medulla oblongata bestimmt werden. Hierher gehören vor allem jene Reizungserscheinungen, welche die fast normalen Begleiter des S c h l a f e s sind. Sie äussern sich am häufigsten und oft ausschliesslich als Erregungen

[1]) Die Krämpfe, welche bei der Verblutung sowie nach Compression der Hirnarterien entstehen, entspringen, wie KUSSMAUL und TENNER zeigten, höchst wahrscheinlich in der Brücke, indem dieselben aufhören, sobald die Brücke abgetragen ist. (MOLESCHOTT's Untersuchungen zur Naturlehre des Menschen III, S. 77.) Doch ist es möglich und sogar wahrscheinlich, dass ein Theil der erregten Centren schon in der medulla oblongata gelegen ist. Dies ist nach andern Thatsachen mindestens für die Respirationsnerven anzunehmen. Dass ein Schnitt am unteren Ponsrand alle Bewegungen aufhebt, beweist noch nicht, dass auch alle ihren Ursprung im Pons haben, da bei Säugethieren diese Verletzung rasch auf die medulla oblongata selbst zerstörend einwirkt. Die Epilepsie und die verschiedenen epileptiformen Krämpfe haben wahrscheinlich häufig in einer Circulationsstörung der motorischen Hirntheile, die in den Centren der Gefässinnervation entspringt, ihre Ursache, ebenso die Zuckungen im Todeskampfe, welche mit den Krämpfen bei der Verblutung die nächste Verwandtschaft zeigen. Vgl. KUSSMAUL und TENNER a. a. O., S. 90 f. SCHROEDER v. d. KOLK, Bau und Functionen der medulla spinalis und oblongata S. 193 f. Auch bei den S. 183 erwähnten Reflexkrämpfen kann möglicher Weise neben dem Reflex die Erregung des Gefässcentrums wirksam gewesen sein.

sensorischer Hirntheile. So entsteht die gewöhnliche, rein sensorische Form des Traumes, bei welcher automatisch erregte Empfindungen, manchmal unter Mitwirkung anderer, die direct durch äussere Eindrücke geweckt sind, zu Vorstellungen verwebt werden. Zuweilen vermischen sich damit aber auch motorische Erregungen. Es entstehen Muskelbewegungen, am häufigsten an den Sprachwerkzeugen, zuweilen auch am locomotorischen Apparate, die sich nun mit den Resultaten der sensorischen Erregung zu einer mehr oder weniger zusammenhängenden Reihe von Vorstellungen und Handlungen verknüpfen. Hierbei ist allerdings die automatische Erregung nicht mehr ausschliesslich bestimmend, sondern es treten zugleich die mannigfachen Wechselwirkungen der verschiedenen sensorischen und motorischen Centraltheile hervor, wie sie theils in der ursprünglichen Organisation derselben begründet liegen, theils in Folge der Function allmälig sich ausgebildet haben. Aber das Eigenthümliche des Traumes besteht darin, dass bei ihm der aus solchen Wechselwirkungen hervorgehende Ablauf der Vorstellungen fortwährend unterbrochen und gestört wird durch neue Erregungen, welche von der fortdauernden automatischen Reizung ausgehen, daher jene Incohärenz der Traumvorstellungen, welche eine zusammenhängende Gedankenreihe entweder nicht aufkommen lässt oder in der seltsamsten Weise verändert. Der Ursprung der automatischen Erregungen, welche der Schlaf im Gefolge hat, liegt höchst wahrscheinlich in den Innervationscentren des verlängerten Marks; Behinderungen der Respiration sind sehr häufige Begleiterinnen des Schlafes. Der durch sie bewirkte dyspnoische Zustand des Blutes wirkt wahrscheinlich erregend auf die Gefässnervencentren und veranlasst so Behinderungen des Blutlaufs innerhalb der Schädelhöhle, durch welche hier Erregungen der Centraltheile, insbesondere der Hirnrinde entstehen. Hierfür spricht die Thatsache, dass auch andere Formen der automatischen Reizung, wie dyspnoische Krämpfe, epileptiforme Zuckungen, vorzugsweise leicht während des Schlafes auftreten.

Wo ähnliche Erregungen des Grosshirns im wachen Zustande sich einstellen, da entspringen sie sämmtlich pathologischen Zuständen. Ueberall leitet aber auch hier die Untersuchung auf Veränderungen der Blutcirculation als die Ursache solcher Erregungen hin. Diese Veränderungen können entweder einen localen Ursprung haben, indem sie von den Gefässen der Hirnhaut oder des Gehirns selbst ausgehen, oder sie können allgemeinere Störungen des Blutlaufs begleiten, daher Gehirnerkrankungen häufig als Folgen von Herz- und Gefässerkrankungen auftreten[1]. Aber auch in

[1] Solche liegen namentlich den gewöhnlichen Hyperämieen und Apoplexieen des Gehirns, aber zuweilen auch dauernden psychischen Functionsstörungen zu Grunde.

solchen Fällen, in denen die Gehirnerkrankung nicht direct aus Veränderungen des Blutlaufs entspringt, sind doch die Centren der Herz- und Gefässinnervation in einer latenteren Weise betheiligt, wie sich an den Veränderungen des Pulsschlags verräth, welche alle Formen der geistigen Störung zu begleiten scheinen und oft als früheste Symptome dieselbe verrathen. Diese Erscheinungen bestätigen den überall durch die psychiatrische Erfahrung festgestellten Satz, dass jede geistige Störung, auch wenn sie einen rein functionellen Ursprung haben sollte, doch unausbleiblich anatomische Veränderungen im Gehirn herbeiführt. Letztere sind es, welche auch hier, wie in andern Organen, eigentlich erst die Störung zur Krankheit machen. Jene Rückwirkung auf den Puls, durch welche dieser zum empfindlichsten Reagens auf Gehirnerkrankung wird, hat ohne Zweifel darin ihren Grund, dass die Circulationsstörung innerhalb der Schädelhöhle, die pathologische Veränderungen des Gehirns immer begleiten muss, auf die gegen solche Einflüsse besonders empfindlichen Centren des Herzens und der Gefässe zurückwirkt [1]).

Sind die Veränderungen im Gehirn auf umschriebene Heerde beschränkt, so sind auch die begleitenden Reizungserscheinungen locale: es treten Schmerzen und Zuckungen ein, welche der Ausbreitung bestimmter Nerven folgen, ohne dass die centralen Functionen im allgemeinen direct gestört werden. Am augenfälligsten und dauerndsten sind die Erscheinungen bei solchen Heerderkrankungen, die Theile des Hirnstamms oder der Hirnganglien treffen; viel unbedeutender sind die Störungen bei umschriebenen Erkrankungen der Hirnrinde, und dieselben pflegen sehr bald vollständig zu schwinden, offenbar in Folge der ausgiebigen Stellvertretungen, welche hier stattfinden (S. 162). Ganz anderer Art sind die Reizungserscheinungen, welche sich in Folge ausgebreiteter Veränderungen einstellen. Sie gehen zunächst von der Hirnrinde aus, und diffuse Erkrankungen der Gefässhaut pflegen die gewöhnlichen directen Ursachen solcher Veränderungen zu sein. Hier sind nun die Reizungserscheinungen in hohem Grade denen ähnlich, wie sie normaler Weise im Schlafe auftreten, nur können sie einen weit intensiveren Grad erreichen. Wie jene gehören sie theils dem sensorischen, theils dem motorischen Gebiete an. Die sensorische Erregung äussert sich in Empfindungen und Vorstellungen der verschiedenen

---

HASSE, Nervenkrankheiten, S. 360, 382. GRIESINGER, Pathologie und Therapie der psych. Krankheiten. 2te Aufl. S. 199.

[1]) Als allgemeine Form des Pulses beobachtet man bei Geisteskranken, wie WOLFF gefunden hat, den langsam abfallenden Puls (pulsus tardus), der meistens sowohl Zustände der Erregung wie solche der Erschöpfung begleitet. Diese Pulsform deutet auf eine geschwächte Energie der Gefässcentren hin, sie wird in ähnlicher Weise bei allen Erschöpfungszuständen der Centralorgane, z. B. als Nachwirkung heftigen Schrecks, beobachtet. (WOLFF, allg. Zeitschr. f. Psychiatrie Bd. 26, S. 273.)

Sinne, oft an Stärke denjenigen gleich, welche durch äussere Eindrücke geweckt werden können, und daher nicht von ihnen zu unterscheiden. Solchen Hallucinationen gesellen sich Veränderungen der subjectiven Empfindungen, des Muskelgefühls, der Organgefühle, bei, von welchen wesentlich die Richtung des Gemüthszustandes abhängt. Motorische Reizungserscheinungen treten in der Form von Zwangshandlungen auf, welche meist durch ihre ungewöhnliche Energie auffallen. Auch hier vermengen sich, wie in den Träumen und Traumhandlungen, die aus automatischer Reizung hervorgegangenen Empfindungen und Bewegungstriebe mit der in der ursprünglichen und erworbenen Organisation des Gehirns begründeten Disposition zu einem zusammenhängenden, mit den Resten früherer Empfindungen verwebten Vorstellungsverlauf[1]). In allen diesen pathologischen Fällen machen die Reizungserscheinungen regelmässig im weiteren Verlauf Lähmungssymptomen Platz, welche davon herrühren, dass dieselben Ursachen, welche anfänglich erregend auf die nervösen Elementartheile wirkten, allmälig die Functionsfähigkeit derselben vernichten. So treten bei den Heerderkrankungen umschriebene Lähmungen der Bewegung, bei den diffusen Erkrankungen der Hirnrinde Schwächezustände auf, welche das ganze Functionsgebiet des Gehirns ergreifen. Indem bald mehr eine sensorische, bald mehr eine motorische Provinz von der Veränderung betroffen wird, bald die Centraltheile der äusseren Sinne, bald die der subjectiven Empfindungen vorzugsweise alterirt sind, bald die automatische Reizung, bald die Abstumpfung der Function sich in den Vordergrund drängt, gewinnt der Irrsinn seine ausserordentlich mannigfachen Formen und Färbungen. So liegt denn die Annahme nahe, dass alle Arten automatischer Reizung der Centraltheile, mögen dieselben physiologische sein oder als pathologische Störungen auftreten, im wesentlichen auf übereinstimmende Ursachen zurückzuführen sind, nämlich auf Zersetzungsproducte der Gewebe, die entweder schon normaler Weise, wie bei gewissen besonders reizbaren Centraltheilen, den automatischen Centren des verl. Marks, oder erst wenn sie in Folge von Störungen des Blutaustausches in ungewöhnlicher Menge sich anhäufen, die Reizung hervorbringen.

Vielfach hat man Innervationsvorgänge, bei denen in keinerlei Weise ein derartiger Ursprung aus inneren, durch das Blut bedingten Reizen sich nachweisen lässt, dennoch unter die automatischen Erregungen gerechnet, indem man von der Ansicht ausging, dass überall, wo eine äussere Ursache nicht

---

[1]) Ein merkwürdiges Zeugniss für diese Analogie der ursächlichen Momente zwischen Traum und geistiger Störung liefert vielleicht die von ALLISON hervorgehobene Erscheinung nächtlicher Geisteskrankheit (nocturnal insanity), wo die Individuen bei Tage anscheinend vollkommen geistig gesund sind, während bei Nacht regelmässig Hallucinationen, Tobsuchtanfälle u. s. w. auftreten. (Allg. Zeitschr. f. Psychiatrie, Bd. 26, S. 618.)

unmittelbar nachgewiesen werden könne, eine solche innere Reizung anzunehmen sei. So sollten insbesondere die willkürlichen Bewegungen aus automatischer Innervation hervorgehen; aber auch für den Verlauf jener Vorstellungen, welche nicht unmittelbar aus äussern Sinnesreizen stammten, war man geneigt das nämliche vorauszusetzen. Natürlich mussten dann diese Vorgänge in den höheren Nervencentren von den klarer erkannten automatischen Erregungen der niedrigeren Centralgebilde, bei denen nachweislich überall das Blut den Erreger spielt, völlig getrennt werden. Man setzte voraus, dass im ersten Fall die körperliche Maschine durch die von ihr verschiedene, aber sie beherrschende Seele in Bewegung gesetzt werde. Erst an einem andern Ort werden wir auf die psychologischen Grundlagen dieser Anschauung eingehen können. Hier ist nur hervorzuheben, dass bei Betrachtung des physiologischen Mechanismus keinerlei zwingender Grund vorliegt, solche fremdartige Kräfte zu Hülfe zu nehmen, die als ein deus ex machina irgendwo in den Zusammenhang der physiologischen Vorgänge eingreifen, denselben in Gang setzen oder unterbrechen. Wer freilich bei einem Kräftezusammenhang nur das Bild eines gestossenen Körpers im Auge hat, der seine Bewegung direct auf andere fortpflanzt, der muss bei den physiologischen Aeusserungen des Nervensystems nothwendig auf den Gedanken kommen, dass hier fortwährend Wirkungen ohne Ursachen auftreten. Wer sich aber daran erinnert, dass schon bei einem verhältnissmässig einfachen Mechanismus Kräftewirkungen fast beliebig lange latent bleiben, und dass daher die Wirkungen von ihren Ursachen weit getrennt sein können, der wird sich nicht entschliessen in jedem Vorgang, der nicht als ein einfaches Beispiel von Bewegungsübertragung sich darstellt, nun alsbald eine Bewegung ohne physikalische Ursache zu sehen. In der That wird es uns aber die allgemeine Mechanik des Nervensystems als eine wesentliche Eigenschaft der centralen Substanz kennen lehren, dass sie Kräftewirkungen in sich aufsammelt, um dieselben später erst unter neu hinzutretenden Bedingungen frei zu machen [1]). Da nun alle thierischen Bewegungen, mit Ausnahme der oben besprochenen, bei denen die automatische Reizung vom Blute ausgeht, auf vorausgegangene Vorstellungen, Empfindungen oder Eindrücke auf Empfindungsfasern zurückweisen, so kann man in der Reflexbewegung, bei welcher die äussere Reizung von Empfindungsfasern sogleich in eine innere Erregung motorischer Fasern sich umsetzt, das Urbild aller zusammengesetzten Innervationsvorgänge sehen. Freilich darf man nicht meinen, mit dem Satze, alle centralen Functionen seien in gewissem Sinne complicirte Reflexe, irgend etwas schon erklärt zu haben. Es ist damit eben nur ausgesprochen, dass die

---

[1]) Vgl. Cap. VI.

Bewegungen, welche durch centrale Erregung entstehen, falls sie nicht, wie die Athem-, Herzbewegungen u. s. w., in die Classe der automatischen Reizungen durch das Blut gehören, schliesslich angeregt worden sind durch äussere Reize, welche die Empfindungsfasern getroffen haben. Desshalb braucht aber weder eine Aequivalenz noch sonst eine feste Beziehung zwischen dem äussern Empfindungsreiz und der reagirenden Bewegung zu existiren, wie denn schon bei der einfachen Reflexbewegung solches keineswegs der Fall ist. Vielmehr ist jede solche Bewegung wesentlich noch abhängig von den latenten Kräften, welche die gereizten Centraltheile in sich bergen, und von der ganzen Beschaffenheit des physiologischen Mechanismus, auf den zunächst die Erregung einwirkt. Im allgemeinen wird diese Beschaffenheit eine um so complicirtere, je weiter wir nach oben aufsteigen. Wir wollen daher auch hier wieder in der aufsteigenden Reihenfolge die Centraltheile betrachten. Nur das kleine Gehirn soll wegen seiner nahen functionellen Beziehung zur Grosshirnrinde unmittelbar vor diese gestellt werden. Die physiologischen Leistungen des Rückenmarks und verlängerten Marks aber sind in der obigen Besprechung der Reflexe und automatischen Erregungen für den gegenwärtigen Zweck vollständig genug erörtert. Wir handeln demnach zunächst von den Gebilden des Hirnstamms, Vierhügeln, Sehhügeln, Ganglien des Hirnschenkelfusses, dann von dem kleinen Gehirn und endlich von den Hemisphären des Grosshirns.

Die Vierhügel (Zweihügel, lobi optici der niedern Wirbelthiere) sind, wie bereits die Verfolgung der Leitungsbahnen gezeigt hat, samt den Kniehöckern wesentlich Centralorgane des Gesichtssinns, und zwar vermittelt das vordere Vierhügelpaar hauptsächlich die sensorischen Leistungen des Sehorgans, an den motorischen Verrichtungen scheinen sich beide zu betheiligen (S. 145 f.). Bei den niederern Wirbelthieren, deren lobi optici Hohlräume besitzen, beeinflussen die in die letzteren hereinragenden grauen Hügel (die tori semicirculares) vorzugsweise die Bewegungen, während die Entfernung der Deckplatte Erblindung auf der entgegengesetzten Seite herbeiführt[1]. Die physiologischen Erfahrungen über die Vierhügel werden unterstützt durch die vergleichende Anatomie, welche lehrt, dass die Ausbildung dieser Centraltheile mit derjenigen des Sehorgans gleichen Schritt hält. Sie sind sehr entwickelt in der durch die Schärfe des Gesichts ausgezeichneten Classe der Vögel, wo zugleich ihre centrale Vertretung in den

[1] Renzi, ann. univers. 1863, 64. Auszug in Schmidt's Jahrb. der Med. Bd. 124, S. 154.

Grosshirnlappen die umfangreichste zu sein scheint [1]). Die Fische, welche durch bedeutende Grösse des Augapfels sich auszeichnen, besitzen auch grosse lobi optici, nur bei einigen blinden Arten (Amblyopsis, Myxine) sind sie mit den Augen verkümmert [2]).

Bei Thieren, denen man alle vor den Vierhügeln gelegenen Hirntheile entfernt hat, finden nicht bloss in Folge von Lichtreizen Reflexe auf die Pupille und die Muskeln des Auges statt, sondern das ganze Verhalten der Thiere beweist, dass sie auch noch durch die Lichteindrücke, welche sie empfangen, in ihren Bewegungen bestimmt werden. So folgen Vögel und Säugethiere, welche in der angegebenen Weise operirt sind, den Bewegungen einer brennenden Kerze mit dem Kopfe [3]), und Frösche, welche durch Hautreize zu Fluchtbewegungen gezwungen werden, weichen einem in den Weg gestellten Hinderniss aus [4]). Hieraus ist zu schliessen, dass von dem Sehcentrum der Vierhügel aus nicht bloss die Augenmuskeln, sondern auch die Muskeln der Ortsbewegung in der Ausübung ihrer Function bestimmt werden können. Dies entspricht augenscheinlich der Thatsache, dass in den grauen Massen dieser Centraltheile durch die Schleife auch ein Antheil der Vorderstränge des Rückenmarks endigt. Wir können hiernach nicht wohl zweifeln, dass der Mechanismus, durch welchen vom Sehorgan aus der Muskelapparat unseres Körpers in Bewegung gesetzt wird, in den Vierhügeln seine Stelle hat. Diese Bewegung kann nun aber, so müssen wir annehmen, in doppelter Weise unter dem Einfluss von Lichteindrücken entstehen: erstens in den Vierhügeln selbst, indem hier schon die Lichteindrücke solche zusammengesetzte Bewegungsreactionen auslösen, welche der Art und Form ihrer Einwirkung entsprechen, und zweitens in der Grosshirnrinde, indem erst hier, an der letzten centralen Endigungsstelle der Opticusfasern, eine derartige Uebertragung stattfindet. So wird es begreiflich, dass zwar noch nach dem Wegfall der Hemisphären Bewegungen des Auges und der übrigen Körpermuskeln durch Lichteindrücke angeregt werden, dass aber nicht mehr alle Bewegungen, die bei unverletztem Gehirn vom Gesichtssinne ausgehen, bestehen bleiben. Vergleicht man das Verhalten der Thiere in beiden Fällen, so lässt sich nicht zweifeln, dass die Wegnahme der Grosshirnlappen jene Bewegungen aufhebt, welche ein complicirtes Zusammenwirken der Lichteindrücke theils

---

[1]) Das Gehirn neugeborener Vögel, denen GUDDEN beide Augen exstirpirt hatte, blieb unentwickelt; bei neugeborenen Kaninchen, die in derselben Weise behandelt waren, trat sichtlich das Gehörorgan stellvertretend ein, und die Ausbildung des Gehirns wurde nicht merklich gehemmt. (Archiv f. Psychiatrie II, S. 711.)

[2]) OWEN, anatomy of vertebrates I, p. 254.

[3]) LONGET, Anatomie und Physiologie des Nervensystems, übers. von HEIN. I., S. 385.

[4]) GOLTZ, Beiträge zur Lehre von den Functionen der Nervencentren des Frosches. Berlin 1869. S. 65.

mit andern Sinneserregungen, theils mit früher stattgehabten Empfindungen voraussetzen. Direct durch die Vierhügel finden nur entweder Abänderungen der ohnebin aus andern Ursachen im Gang befindlichen oder Anregungen solcher Bewegungen statt, welche unmittelbar den Eindrücken folgen, sei es als Reflexe des Augapfels, der Pupille und des Augenschliessmuskels, sei es als Abwehrbewegungen gegen starke Lichtreize [1]. Die sensorischen Erregungen, von denen die in der Grosshirnrinde entspringenden Bewegungen ausgehen, werden der Rinde vielleicht durch die directe Leitungsbahn zwischen ihr und den Nervenkernen des Opticus in den Kniehöckern zugeführt. Die motorischen Impulse werden aber wohl in der Regel ihren Weg über die Vierhügel nehmen, da in ihnen einmal der centrale Mechanismus für die Regulirung der mit dem Sehacte zusammenhängenden Bewegungen existirt. Doch können von der Grosshirnrinde her jedenfalls auch noch andere motorische Vorrichtungen wirksam werden, so dass von ihr aus mannigfaltigere Bewegungen möglich sind.

Von weit unbestimmterer Art sind die Erscheinungen, welche der Verletzung der **Sehhügel** (thalami optici) nachfolgen. Ueber die Bedeutung dieser Hirnganglien bestehen daher äusserst widersprechende Ansichten [2].

---

[1]) Dass Thiere, die alle vor den Vierhügeln gelegenen Hirntheile verloren haben im Wege stehenden Hindernissen ausweichen, lässt sich desshalb auch nur bei niederen Wirbelthieren, z. B. beim Frosch, beobachten, wo, wie wir unten sehen werden, die lobi optici gleichzeitig einen Theil der Function der thalami optici übernehmen. Säugethiere, denen die letzteren genommen sind, vollführen zusammengesetzte Fluchtbewegungen, bei denen sich solche Beobachtungen anstellen liessen, überhaupt nicht mehr.

[2]) Die Einen halten die Sehhügel für eine Art sensorium commune, für ein Gebilde, in welchem alle Empfindungen zusammenfliessen (LUYS, recherches sur le système nerveux, p. 342), nach Andern sollen sie motorische Organe sein, entweder überhaupt Einfluss auf die Ortsbewegung besitzen (LONGET, Anatomie und Physiol. des Nervensystems I, S. 658) oder speciellen Bewegungen, nämlich denen der Brustglieder, vorstehen (SCHIFF, Lehrbuch I, S. 342). Die erste Ansicht stützt sich vorwiegend auf anatomische, die zweite auf physiologische Untersuchungen. Uebrigens ist der von LUYS behauptete Zusammenhang des Sehhügels mit allen sensorischen Nervenbahnen nicht nachzuweisen, anderseits aber ein solcher mit motorischen Bahnen zweifellos. Auch vom rein anatomischen Standpunkte ist also die erste Ansicht unhaltbar. Was die zweite betrifft, so ist der Ausdruck LONGET's »Heerd des Nerveneinflusses auf die Ortsbewegung« so allgemein, dass er eine bestimmte Auskunft über die Function des Sehhügels nicht gibt. Der durch SCHIFF wieder unterstützten Ansicht von SAUCEROTTE, SERRES u. A., dass die Thalami ausschliesslich in Beziehung zur Bewegung der Vorderextremitäten stehen, widersprechen die durch ANDRAL gesammelten pathologischen Beobachtungen (LONGET a. a. O. S. 412), und was die Resultate der Vivisection betrifft, so ist einerseits constatirt, dass auch Lähmungen der Hinterglieder nach Sehhügelverletzungen vorkommen, anderseits hervorzuheben, dass ein ungleicher Grad der Lähmung beider Gliedpaare, insbesondere vollständige Lähmung der Vorderglieder, in vielen Fällen von Hemiplegie beobachtet wird (VULPIAN, physiologie du système nerveux, p. 658). Es fällt hier in Betracht, dass operative Eingriffe entweder nur einen Theil der Functionen des Sehhügels aufheben, oder aber, wenn man die vollständige

Verletzung der oberflächlichen Schichten der Sehhügel, mit Schonung der unter ihnen gelegenen Hirnschenkelantheile, zieht in der Regel weder Schmerzäusserungen noch Muskelzuckungen nach sich. Nach allem, was wir über die Reizbarkeitsverhältnisse der centralen Substanz erfahren haben, kann aber natürlich hieraus nicht geschlossen werden, dass in den Sehhügeln keinerlei motorische und sensorische Bahnen endigen. Dem widerspricht schon die Thatsache, dass augenblicklich Schmerzäusserungen und Zuckungen auftreten, sobald man den Schnitt etwas tiefer führt, so dass die Hirnschenkelhaube getroffen wird. Nun tritt aber die letztere, wie die anatomische Untersuchung lehrt, in den Sehhügel ein: es kann also nur geschlossen werden, dass die in der grauen Substanz des letzteren endigenden sensorischen und motorischen Bahnen ihre Reizbarkeit verändern. In der That zeigen nun auch die weiteren Erscheinungen, die der Verletzung folgen, dass mindestens Endpunkte motorischer Bahnen in den Sehhügeln gelegen sein müssen. Die Ortsbewegungen werden nämlich in Folge einer solchen Verletzung gestört, indem die Thiere, wenn sie gerade nach vorn gehen wollen, statt dessen eine Kreisbahn beschreiben. Man hat diese Bewegungsform, weil sie der Bewegung eines Pferdes in der Reitbahn gleicht, die »Reitbahnbewegung« (mouvement de manège) genannt [1]. Fällt die Verletzung in das hintere Dritttheil eines Sehhügels, so dreht sich das Thier nach der Seite der unverletzten Hirnhälfte; fällt sie weiter nach vorn, so geschieht die Drehung nach der verletzten Seite [2]). Die Beobachtung zeigt, dass diesen abnormen Bewegungen eine abnorme Haltung des Körpers zu Grunde liegt, die schon in der Ruhe beobachtet wird, sobald nur die Muskeln in Spannung versetzt werden. Fällt nämlich der Schnitt in das hintere Dritttheil des Sehhügels, so entsteht folgende Haltung: die beiden Vorderfüsse sind nach der Seite des Schnitts, der eine also

---

Exstirpation versucht, umgebende Theile mit zerstören. Nur über den einen Punkt sind gegenwärtig fast alle Beobachter einig, dass der Sehhügel seinen Namen mit Unrecht führt, dass er nicht, wie man früher angenommen hatte, das hauptsächlichste Ursprungsganglion des Sehnerven ist.

1) Die Reitbahnbewegung hat man mit andern Formen gestörter Ortsbewegung unter den »Zwangsbewegungen« zusammengefasst. Diese Generalbezeichnung ist überhaupt und insbesondere auch für die durch Sehhügelverletzungen verursachten Reitbahnbewegungen nicht passend, da nicht, wie man allerdings geglaubt hat, die Thiere durch einen innern Zwang zu den Bewegungen getrieben werden. Können auch die ersten Fluchtbewegungen, die das Thier, geängstigt durch die Operation, ausführt, leicht den Eindruck eines solchen Zwanges machen, so stellt sich doch bald unzweifelhaft heraus, dass es hier immer um eine Störung theils der aus den gewöhnlichen Ursachen eintretenden Ortsbewegung, theils der normalen Spannung der Muskeln während der Ruhe sich handelt.

2) Auf diese Weise hat Schiff den Widerspruch zwischen Magendie und Longet vermittelt, von denen der Erste nur Drehung nach der Seite des Schnitts, der Letztere nur Drehung nach der entgegengesetzten Seite wahrgenommen hatte. (Schiff, Lehrbuch der Physiol. I, S. 343.)

nach aussen, der andere nach innen gedreht, die Wirbelsäule, namentlich der Hals, ist nach der entgegengesetzten Seite gerichtet. Augenscheinlich ist nun die abnorme Bewegung lediglich die Folge dieser abnormen Haltung. Das Thier muss, wenn es auf alle Muskeln das gleiche Maass willkürlicher Innervation anwendet wie früher, statt gerade auszugehen, nach derselben Seite sich bewegen, nach welcher Wirbelsäule und Kopf gedreht sind, ähnlich wie ein Schiff, dessen Steuer man dreht, aus seiner geraden Bahn abgelenkt wird. Unterstützt wird nun diese Bewegung noch durch die Drehung der Vorderbeine, die gleich einem Ruder wirkt, welches von der Seite, gegen die es gekehrt ist, das steuernde Schiff ablenkt. Bei der Verletzung der vordern Theile des Sehhügels ist die Wirbelsäule nach der entgegengesetzten Seite abgelenkt, daher nun auch die Drehbewegungen die entgegengesetzte Richtung annehmen[1].

Sind auf diese Weise die gestörten Ortsbewegungen augenscheinlich abzuleiten aus den veränderten Muskelspannungen, so sind dagegen über die Ursache der letzteren die Beobachter nicht einig; insbesondere hat man darüber gestritten, ob die Erscheinungen als Lähmungen des Willenseinflusses oder als dauernde Reizungen zu deuten seien[2]. Wenn nur zwischen diesen beiden Anschauungen die Wahl offen stände, so müsste zweifellos der ersten der Vorzug gegeben werden. Die lange Dauer der

---

1) Schiff, welcher zuerst auf den Zusammenhang der Reitbahnbewegungen mit der Haltung der Wirbelsäule und der Vorderglieder hinwies, hat, wie schon oben erwähnt, eine Veränderung an den Hintergliedmassen bei Sehhügelverletzungen nicht beobachtet. Dies hat möglicher Weise darin seinen Grund, dass Schiff's Durchschneidungen vorzugsweise die inneren Theile der Sehhügel trafen, während die äussersten, welche ohne gleichzeitige Verletzung des nucleus caudatus nicht wohl getroffen werden können, möglicher Weise erst motorische Bahnen der Hinterextremitäten enthalten. Wird der Hirnschenkel tiefer unten, nahe der Brücke verletzt, so treten aber auch Störungen in den Bewegungen der Hinterglieder ein, und dann ist, wie zu erwarten, die Ablenkung von der graden Bahn bei den Ortsbewegungen noch viel bedeutender, indem die Thiere nicht mehr, wie bei der Reitbahnbewegung, einen Kreis beschreiben, in dessen Peripherie sich ihre Längsaxe befindet, sondern indem sie sich um ihre eigene Ferse drehen. Man hat diese Form der Bewegung »Zeigerbewegung« genannt, weil bei ihr der Körper der Thiere sich ähnlich einem Uhrzeiger dreht. Bei den tiefer unten ausgeführten Hirnschenkelverletzungen ist es aber stets zweifelhaft, in wieweit mit Fasern der Haube auch solche des Fusses getroffen sind.

2) Die Lähmungstheorie wurde hauptsächlich von Schiff (a. a. O. S. 346), die Reizungstheorie von Brown-Séquard (lectures on the central nervous system, p. 193) vertreten. Nach der letzteren müssten sich natürlich die Kreuzungen entgegengesetzt verhalten. Nach der Lähmungstheorie bedeutet z. B. Drehung der Wirbelsäule nach der Seite des Schnitts Lähmung der entgegengesetzten, nach der Reizungstheorie Krampf der gleichseitigen Rotatoren der Wirbelsäule. Aehnlich ist es, wenn man der Ansicht Meynert's folgt, dass die einseitige Action gewisser Muskeln bei Sehhügelverletzungen auf gestörter Muskelempfindung beruht (Wiener med. Jahrb. 1872, II). Nach ihm soll nämlich die vom Willen ausgehende Contraction stärker ausfallen als normal, weil die Muskelempfindung theilweise aufgehoben sei. Hier müssten daher wieder die Kreuzungsverhältnisse die umgekehrten sein, als bei der Lähmungstheorie. Uebrigens hat Meynert bereits mit Recht auf die mangelhafte Unterscheidung der verschiedenen Bestandtheile des Hirnschenkels in den bisherigen Experimenten hingewiesen.

Störung, wenn die Sehhügelverletzung eine vollständige war, namentlich aber die Beobachtung, dass im Moment der Verletzung, falls diese den reizbaren Hirnschenkel getroffen hat, also unter dem Einfluss der Reizung, zuweilen eine Bewegung entsteht, die jener gerade entgegengesetzt ist, welche später dauernd sich ausbildet, scheinen hier entscheidend. Wenn demnach im allgemeinen die Erscheinungen auf eine Lähmung zurückzuführen sind, so ist jedoch damit nicht gesagt, dass diese Lähmung den Willenseinfluss trifft. Trotz der Bewegungsstörungen besteht nämlich der Willenseinfluss auf die Muskeln fort, falls nur die vor dem Sehhügel gelegenen Hirntheile erhalten bleiben. Umgekehrt behalten viele Thiere, z. B. Kaninchen, noch nach Wegnahme der Grosshirnlappen und der Ganglien des Streifenhügels ihre normale Körperstellung bei und führen, wenn man ihre Haut reizt, zweckmässige und geordnete Fluchtbewegungen aus; spontan, ohne directe Verursachung durch äussere Reize, treten aber keine Bewegungen mehr ein. Verletzt man endlich beim Frosch, dessen Grosshirnlappen entfernt wurden, und der ebenfalls keine willkürlichen Bewegungen mehr macht, den Thalamus oder den Zweihügel der einen Seite, so geschehen alle auf sensible Reizung eintretenden Fluchtbewegungen im Reitbahngang. Diese Thatsachen beweisen offenbar, dass nicht diejenigen Bahnen, welche die Leitung der Willensimpulse zu den Muskeln vermitteln, in den Sehhügeln sich sammeln, sondern dass die letzteren im Gegentheil solche Centren der Locomotion sind, welche noch unabhängig vom Willen functioniren können, deren sich übrigens immerhin auch der Wille zur Hervorbringung gewisser combinirter Bewegungsformen bedienen mag. Zunächst sind es aber Tasteindrücke, welche die von den Sehhügeln ausgehende Erregung der locomotorischen Werkzeuge bestimmen. In diesen Organen findet somit ebenfalls eine Umsetzung von Sinneserregungen in combinirte Muskelbewegungen, eine Art zusammengesetzten Reflexes statt. Die Sehhügel verhalten sich zur allgemeinen Sinnesfläche der Haut ähnlich wie die Vierhügel zum Sehorgan. Sie sind diejenigen Centren, welche die functionelle Verbindung der Ortsbewegungen mit den Tastempfindungen vermitteln. Dieses physiologische Resultat stimmt vollständig mit dem anatomischen Ergebniss überein, wonach in den Sehhügeln Abzweigungen der motorischen und der sensorischen Leitungsbahn endigen, und zwar, da die Haube des Hirnschenkels eine Fortsetzung der Rückenmarkstränge darstellt, solche Abzweigungen, welche der allgemeinen Körperbedeckung und den Muskeln der Ortsbewegung entsprechen. Die so aus anatomischen und physiologischen Gründen wahrscheinliche Analogie der Sehhügel mit den Vierhügeln scheint nur in einer Beziehung eine unvollständige zu sein. Thiere, denen die Vierhügel geraubt sind, erblinden vollständig; Thiere, deren Seh-

hügel zerstört wurden, verlieren aber nicht die Sensibilität der Haut. Dieser Unterschied hat wahrscheinlich in dem verschiedenen Verlauf der direct zur Grosshirnrinde emporsteigenden sensorischen Fasern seinen Grund. Die centralen Opticusfasern nämlich, welche aus den Nervenkernen der Kniehöcker zur Hirnrinde gelangen, sind dem vorderen Vierhügelpaar so sehr genähert, dass sie mit diesem immer gleichzeitig getrennt werden müssen. Dagegen verläuft die direct aufsteigende Bahn der Hinterstränge vollständig getrennt von jenem Theil derselben, welcher in die Sehhügel eintritt, indem letzterer die Haube bilden hilft, erstere aber dem Hirnschenkelfusse sich anschliesst, dessen äusserste Bündel sie wahrscheinlich ausmacht.

Aus der hier aufgestellten Ansicht über die Bedeutung der Sehhügel erklären sich, wie mir scheint, die Bewegungsstörungen, welche der halbseitigen Verletzung derselben folgen, viel vollständiger als aus einer der seitherigen Hypothesen. Die Bewegungen unserer Seeletmuskeln sind zunächst abhängig von den Sinneseindrücken; sie richten sich nach diesen, noch bevor der Wille bestimmend und verändernd einwirkt. In erster Linie stehen aber hier die beiden räumlich auffassenden Sinne, also neben dem Gesichtssinn der Tastsinn. Unsere unwillkürlichen oder durch den Willen zwar zuerst angeregten, aber nun der unwillkürlichen Selbstregulirung überlassenen Bewegungen richten sich fortwährend nach den Tasteindrücken. Durch sie werden insbesondere die Ortsbewegungen sowie die Tastbewegungen der Arme und Hände geregelt. Ebenso sind diejenigen Muskelspannungen, die in den verschiedenen ruhenden Körperstellungen, wie beim Sitzen, Stehen, eintreten, durch die Tasteindrücke bestimmt. Die letzteren lösen in den Sehhügelcentren motorische Innervationen aus, welche genau der in den Tasteindrücken sich spiegelnden Körperhaltung entsprechen. Nehmen wir nun an, dass eines jener bilateralen Centren entfernt sei, so können die von ihm abhängigen Innervationen nicht mehr erfolgen, während das Centrum der andern Seite noch fortwährend functionirt: so müssen denn die schon in den ruhenden Körperstellungen bemerkbaren Verbiegungen eintreten, mit welchen, wie wir gesehen haben, unmittelbar die Störungen bei der Bewegung zusammenhängen. Diese letzteren sind theils direct durch jene Verbiegungen, theils dadurch verursacht, dass während der Bewegung die veränderte Innervation natürlich im gleichen Sinne sich geltend macht. Aber dabei bleibt die Leitung der Empfindungseindrücke zum Gehirn und der willkürlichen Bewegungsimpulse zu den Muskeln erhalten. So kommt es, dass die anfänglichen Störungen mit der Zeit geringer werden, ja vollständig sich ausgleichen können, ohne dass die anatomische Veränderung beseitigt oder auch nur gemindert wäre. Willkürlich verbessert das Thier seine falschen Bewe-

gungen, und es lernt so allmälig die Störungen des niedrigeren Centralorgans durch das höhere compensiren. Bei der Annahme einer theilweisen Lähmung des Willenseinflusses auf die Muskeln bleibt diese Compensation vollkommen unerklärlich[1]).

Die in die Sehhügel eintretenden motorischen Bahnen erfahren, wie früher erwähnt wurde, beim Menschen und bei den Thieren nur theilweise Kreuzungen. Diese physiologische Thatsache gewinnt nun Licht durch die physiologischen Functionen des Sehhügels. Wenn wir die wahrscheinliche Bedeutung der partiellen Kreuzungen überhaupt darin erkannten, dass durch sie verschiedenartige Muskelgruppen beider Körperhälften zu gemeinsamen Functionsheerden geführt werden, so wird dies vor allem für jene Centraltheile gelten, welche unabhängig vom Willen in Wirksamkeit treten können. Unter ihnen muss aber vorzugsweise das regulatorische Centrum der Ortsbewegung derartige Verbindungen erforderlich machen. Aus den Verkrümmungen, welche die Theile nach einseitiger Sehhügelverletzung erfahren, lassen sich hier sogar die einzelnen Bahnen, welche sich kreuzen und nicht kreuzen, bestimmen. Bei den Säugethieren sind wahrscheinlich die Rotatoren der Wirbelsäule sowie die Pronatoren (Vorwärtsdreher) und Beuger der Vorderextremität durch eine geradläufige, die Supinatoren (Rückwärtsdreher) und Strecker durch eine gekreuzte Bahn vertreten[2]). Rechts liegt also das Centrum für die Beuger und Pronatoren der rechten, die Strecker und Supinatoren der linken Seite, links das Centrum für die Strecker und Supinatoren der linken, die Beuger und Pronatoren der rechten Seite. Für die Hinterextremität gelten wahrscheinlich dieselben Verhältnisse. Findet, wie zu vermuthen ist, die Kreuzung durch die hintere Commissur statt, so werden demnach in dieser die Bahnen für die Strecker und Supinatoren gelegen sein, während die Bahnen für die Beuger und Pronatoren sowie für die Muskeln des Halses und der Wirbel-

---

[1]) Wenigstens würde die Annahme, dass der Wille durch energischere Anstrengungen allmälig diese Lähmung seines eigenen Einflusses überwinde, eine äusserst gezwungene sein. Dieser Annahme liegt übrigens eine Voraussetzung zu Grunde, welche seither fast die herrschende bei den Physiologen gewesen ist, die Voraussetzung nämlich, dass es nur eine Leitungsbahn zwischen jeder motorischen und sensibeln Provinz des Körpers und dem Centralorgane gebe, oder mit andern Worten, dass jede Provinz nur einmal im Gehirn vertreten sei. Dies steht, wie Meynert zuerst eindringlich hervorgehoben hat, mit den anatomischen Thatsachen, und, wie wir hinzufügen können, ebenso mit den physiologischen Erfahrungen in Widerspruch. Aber auch der Vermuthung Meynert's, dass es sich bei den Sehhügelverletzungen um Störungen der Muskelempfindungen handle (Wiener med. Jahrb. 1872, II), kann ich nicht beistimmen. Die Bewegungsempfindung der Muskeln hat nämlich, wie weiter unten und ausführlicher in Abschnitt II u. III auseinander gesetzt werden soll, zweifellos ihren Sitz in der Grosshirnrinde, und zwar in denselben Elementen, in welchen hier die motorische Innervation entspringt.

[2]) Beugung und Pronation, Streckung und Supination sind nämlich im allgemeinen an einander gebunden, theilweise sind sie sogar von den nämlichen Muskeln abhängig, so dass jedenfalls übereinstimmende Bahnen für dieselben vorausgesetzt werden müssen.

säule in den geradläufigen Bahnen der Haube verlaufen. Durchschneidung eines Sehhügels in seinem hinteren Theil bewirkt daher bei aufrechter Stellung statt des gewöhnlichen Gleichgewichts der Muskelspannungen auf der gleichen Seite Auswärtsrollung, auf der entgegengesetzten Einwärtsrollung der Extremität und gleichzeitig eine Krümmung der Wirbelsäule nach der dem Schnitt entgegengesetzten Seite, nach welcher auch der Reitbahngang bei eintretender Ortsbewegung gerichtet ist[1]. Diese Verkrümmungen treten aber, wie wir annehmen, desshalb ein, weil von den Hautstellen der Seite, auf welcher der Sehhügel getrennt ist, keine Erregungen mehr in den Centren dieses Hirnganglions anlangen, womit auch die durch solche Erregungen ausgelöste motorische Innervation ausbleibt. Von den sensorischen Bahnen ist also hierbei vorausgesetzt, dass sie bloss gleichseitig im Sehhügel vertreten sind, eine Annahme, die sich allerdings nicht direct beweisen lässt, weil die zum Sehhügel geleiteten sensorischen Erregungen eben nicht bewusste Empfindungen sind.

Es ist denkbar, dass mit dieser Beziehung der Körperbewegungen zu den Tasteindrücken die Function des Sehhügels noch nicht erschöpft ist. Möglich, dass durch die Fasern, die aus ihm zum tractus opticus verfolgt werden können, die Beziehung der Gesichtseindrücke zu den Körperbewegungen, welcher schon die Vierhügel theilweise bestimmt sind, sich vervollständigt. Indem derselbe motorische Mechanismus, der von den Tasteindrücken aus regulirt wird, auch vom Sehorgan angeregt werden kann, begreift es sich, dass eine solche Einrichtung wesentlich zur Vereinfachung der centralen Verrichtungen beitragen würde. Möglich auch, dass noch Verbindungen mit Centralbahnen anderer Sinnesnerven existiren, nachgewiesen sind aber solche bis jetzt nicht, und desshalb sind umfänglichere Verbindungen dieser Art unwahrscheinlich. Bei den niederen Wirbelthieren scheinen die Functionen, welche bei den Säugethieren den Sehhügeln zukommen, theilweise den Zweihügeln oder lobi optici übertragen zu sein. Wenigstens stimmen die Störungen, welche die Verletzung oder Abtragung der Zweihügel bei Fröschen im Gefolge hat, abgesehen von den gleichzeitig eintretenden Störungen des Sehens, im wesentlichen mit den

[1] Die Umkehrung des letzteren bei Verletzungen, die in den vordern Theil des Sehhügels fallen, steht zu der combinirten Wirkung der beiderseitigen Muskeln nicht in Beziehung, da sie nur in der wahrscheinlich am Boden der Sehhügel eintretenden Kreuzung der Bahnen für die Muskeln der Wirbelsäule, wodurch nun die Verkrummung der letzteren eine der vorigen entgegengesetzte wird, ihren Grund hat. Leitet man die Verdrehungen mit Brown-Séquard von einer dauernden Reizung oder mit Meynert von verminderter Muskelempfindung ab, so muss man natürlich entgegengesetzte Kreuzungsverhältnisse annehmen: es würden also dann die Bahnen für die Beuger und Pronatoren, so wie für die Muskeln der Wirbelsäule sich kreuzen, diejenigen für die Strecker und Supinatoren auf der namlichen Seite verbleiben.

Erscheinungen überein, die man nach Sehhügelverletzungen beobachtet[1]. Dies entspricht einigermassen der anatomischen Thatsache, dass die Thalami bei diesen Thieren sehr unbedeutende Gebilde sind im Vergleich mit den stark entwickelten Zweihügeln.

Man darf wohl vermuthen, dass der basale Theil des Streifenhügelkopfes, da in ihm einerseits centrale Olfactoriusfasern, anderseits motorische Bündel, die im Hirnschenkelfusse verlaufen, ihr Ende finden, für das Geruchsorgan eine ähnliche Bedeutung hat wie das Vierhügelsystem für das Sehen, die Thalami für das Tastorgan, d. h. dass er diejenigen Bewegungen des Körpers bestimmt, die von den Geruchseindrücken abhängen. Die den Streifenhügel mit dem Sehhügel verbindenden Fasern mögen vielleicht auch hier der Mitbenutzung der im Sehhügel angelegten Bewegungsmechanismen bestimmt sein. Doch ist dieses centrale Riechganglion wegen seines innigen Zusammenhangs mit den übrigen Ganglien des Fusses bis jetzt der isolirten Untersuchung nicht zugänglich gewesen.

Die Hauptmasse des Streifenhügels samt dem Linsenkern bildet, wie die physiologische Prüfung lehrt, einen wesentlichen Knotenpunkt jener motorischen Leitungsbahn, welche die Uebertragung der Willensimpulse an die Muskeln vermittelt. Beim Menschen sind Zerstörungen des Streifenhügels durch Blutergüsse, Geschwülste u. dergl. die häufigste Ursache der gekreuzten halbseitigen Lähmungen. Diese ergreifen in den einzelnen Fällen die verschiedenen Körpermuskeln in verschiedenem Grade: oft sind die oberen Extremitäten mehr paralysirt als die untern, zuweilen ist vorzugsweise das Gebiet des Facialis und die Muskulatur der Sprache gelähmt; die näheren localen Bedingungen dieser Verschiedenheiten sind aber noch unbekannt; Schlüsse auf die einzelnen motorischen Centren lassen sich also daraus nicht ziehen. Bei Thieren, namentlich Kaninchen, pflegt die Ausrottung eines Streifenhügels gar keinen sichtlichen Erfolg zu haben. Nach der Abtragung der beiden Ganglien hören zwar die willkürlichen Bewegungen auf, aber die Thiere bleiben aufrecht stehen oder sitzen, sie fallen nicht gelähmt zusammen, und wenn ihre Haut gereizt wird, so entfliehen sie, wobei sie häufig die Fluchtbewegungen so lange fortsetzen, bis sie durch ein äusseres Hinderniss aufgehalten werden[2]. Diese Bewe-

[1] Goltz, Functionen der Nervencentren des Frosches, S. 52 u. f.

[2] Diese Fluchtbewegungen haben Magendie sogar zu der Annahme Veranlassung gegeben, in Folge der Abtragung der gestreiften Körper bemächtige sich der Thiere ein unwiderstehlicher Trieb zur Vorwärtsbewegung. (Leçons sur les fonctions du système nerveux I, p. 280.) Es ist jetzt allgemein anerkannt, dass die Thiere ruhig sitzen

gungen haben, wie wir oben sahen, ihre Ursache darin, dass Vier- und Sehhügel erhalten sind, welche noch Bewegungsreactionen auf Sinneseindrücke vermitteln können. Vollständig ebenso wie Entfernung der Streifenhügel wirkt die Abtragung der Hemisphärenlappen, namentlich ihrer vordern Theile. Die Streifenhügel geben sich hierin als Gebilde zu erkennen, die von der Rinde und ihren Markfasern viel abhängiger sind als die Vier- und Sehhügel, welche letzteren auch nach Entfernung der Hirnlappen noch bestimmte physiologische Verrichtungen erfüllen.

Die Resultate der pathologischen Beobachtung und der Vivisection stimmen demnach darin überein, dass die Streifenhügel Durchgangspunkte sind für die Leitung der Willensimpulse von den Hemisphärenlappen zu den Muskeln. Aber beide Resultate stehen insofern nicht im Einklang, als die Folgen der Zerstörung dieser Ganglien beim Menschen viel intensiver zu sein pflegen; namentlich bringt hier schon die Beseitigung eines Streifenhügels, die bei Thieren spurlos vorübergehen kann, eine deutliche halbseitige Lähmung hervor. Die Hauptursache dieses Unterschieds liegt ohne Zweifel in der verschiedenen relativen Bedeutung, welche die vorderen rein motorischen gegenüber den hinteren gemischten Hirnganglien besitzen. Je tiefer wir in der Reihe der Säugethiere herabgehen, um so mehr überwiegen die letzteren über die ersteren, um so geringer werden darum die Störungen, welche die Entfernung der vorderen Hirnganglien im Gefolge hat, um so intensiver jene, welche die Verletzung der Vier- und Sehhügel nach sich zieht. Während also beim Menschen die Reitbahnbewegungen und andere Störungen bei Degenerationen der Sehhügel und Hirnschenkel oft ganz fehlen, immer aber bald compensirt werden, sind umgekehrt die Functionshemmungen nach Streifenhügelerkrankungen bei ihm viel entschiedener ausgeprägt. Dieses Verhältniss entspricht der anatomischen Thatsache, dass mit steigender Gehirnentwicklung die Ganglienmasse der Streifenhügel im Vergleich mit den Vier- und Sehhügeln immer mehr zunimmt und ihr grösstes Uebergewicht endlich beim Menschen erreicht[1]).

bleiben, wenn man bei der Operation jede sensible Reizung vermeidet. Die eintretenden Bewegungen sind also offenbar Fluchtanstrengungen, die sich von Fluchtbewegungen, welche vollkommen unversehrte Thiere ausführen, nur insoweit unterscheiden, als dies durch den Wegfall der an die höheren Grosshirntheile gebundenen Functionen, Wille, Ueberlegung u. dergl., bedingt wird. Beim unverletzten Thier ist die Fluchtbewegung von zwei Ursachen abhängig, von dem unwillkürlichen Antrieb zur Flucht, welcher in den mittleren Hirnganglien seinen Sitz hat, und von jenen complicirteren Selbstregulirungen, die von den vorderen Hirnlappen ausgehen. Bei den der Vorderlappen oder der beiden Streifenhügel beraubten Thieren fällt zwar dieser zweite Einfluss hinweg; darin liegt aber noch kein Grund, mit SCHIFF den Ausdruck Fluchtbewegungen hier ganz zu verwerfen. (SCHIFF, Lehrb. der Physiol. I, S. 340.)

[1]) Ein annäherndes Maass für das Verhältniss des Streifenhügels (samt Linsenkern) zu den Vier- oder Sehhügeln lässt sich aus den Durchmesserverhältnissen der in beide Ganglienguppen eintretenden Fasermassen, des Fusses und der Haube, entnehmen.

Die physiologische Bedeutung der vorderen Hirnganglien (mit Ausnahme der dem centralen Olfactoriusgebiet zugehörigen Basis des Streifenhügelkopfes) werden wir demnach mit Wahrscheinlichkeit darin sehen können, dass sich in denselben verschiedene motorische Leitungsbahnen vereinigen, welche von der Grosshirnrinde aus zu combinirter Function angeregt werden. Die Ganglien des Hirnschenkelfusses werden mit einem Wort als Organe solcher combinirter Bewegungen zu betrachten sein, welche von der Hirnrinde aus ihre Impulse empfangen. Manche dieser Bewegungen können zweifelsohne gleichzeitig von den Seh- und Vierhügeln aus erregt werden: so die Bewegungen der Extremitäten bei den Ortsveränderungen und anderen zu den Eindrücken des Tast- und Gesichtssinnes in directer Beziehung stehenden Handlungen. In diesem Falle sind die von den Stammganglien regierten Bewegungen einförmiger, ein einfacherer Mechanismus liegt ihnen zu Grunde, während von den Hemisphärenganglien verschiedenartigere Bewegungscombinationen in Gang gesetzt werden können; letztere werden dann auch vielfach in jenen einfacheren Mechanismus der zunächst bei den geläufigen Bewegungen wirksamen Centren verändernd und regulirend eingreifen. So wird es denn erklärlich, dass, selbst nachdem die Vier- und Sehhügel verletzt oder zerstört sind, noch normale Ortsbewegungen und andere ähnliche Handlungen, die gewöhnlich ohne den fortwährenden Einfluss der Hirnlappen von statten gehen, erfolgen können. Aber diese Bewegungen müssen dann erst aus einer grösseren Zahl möglicher Bewegungsformen ausgewählt und eingeübt werden, um ihnen so allmälig eine ähnliche mechanische Sicherheit zu geben. Immerhin werden sie sich durch ihre directere Abhängigkeit von den bewussten Sinneseindrücken und vom Willen auszeichnen, daher denn auch leicht die Störungen wieder sichtbar werden, sobald sich die Aufmerksamkeit von den Bewegungen abwendet. Andere combinirte Bewegungen aber gibt es; die überhaupt nur von den vorderen motorischen Ganglien und durch sie von der Hirnrinde aus beherrscht werden, weil ihre Abhängigkeit von den Sinneseindrücken eine minder unmittelbare ist. Hierher gehören vor allem die Sprach-

---

Das Verhältniss der Höhe des Fusses zu derjenigen der Haube ist nun nach Meynert beim Menschen annähernd = 1 : 1, bei Affen, Hunden, Pferden = 1 : 2, bei Katzen = 1 : 5, bei Schwein, Reh und Agouti = 1 : 6, beim Meerschweinchen = 1 : 8. Ferner beträgt beim Menschen die Masse der Hemisphären 78 % des ganzen Gehirns, beim Affen 70, beim Hunde und Pferde 67, bei Katze und Reh 62, beim Meerschweinchen 45 %. Diese Zahlen zeigen, dass mit der Masse des Hirnschenkelfusses auch die der Hemisphären wächst, während diese von der Haube und ihren Ganglien unabhängig ist. (Meynert, Sitzungsber. der Wiener Akademie. Bd. 60, S. 447. Arch. f. Psychiatrie II, S. 633.) Beim Menschen ist ferner während des Fötallebens und noch längere Zeit nach der Geburt der Fuss sehr wenig entwickelt. (Wiener Sitzungsberichte a. a. O., S. 452.)

bewegungen. In der That ist die Sprachstörung eine überaus häufige Folge der Streifenhügelerkrankungen beim Menschen [1].

Denselben Erfolg, welchen die Zerstörung der Hirnganglien nach sich zieht, hat die Trennung der in dieselben eintretenden Leitungsbahnen, der Hirnschenkel. So zahlreich die Beobachtungen sind, welche die experimentirende Physiologie über die Folgen der Hirnschenkelverletzungen gesammelt hat, so ist deren Ertrag doch ein verhältnissmässig spärlicher, weil sich selten ermessen lässt, welche der verschiedenen den Hirnschenkel zusammensetzenden Leitungsbahnen getroffen wurde. Ist nun aber der Hirnschenkelfuss getrennt, so ist die Bedeutung der Symptome augenscheinlich eine andere, als wenn die Haube und Schleife verletzt wurden. Im ersten Fall tritt eine Lähmung des Willenseinflusses auf die Muskeln ein, während die von den unteren Hirnganglien beherrschten Bewegungen, die nach den unmittelbar stattfindenden Sinneseindrücken regulirt werden, fortbestehen. Im zweiten Fall hören umgekehrt diese letztern Bewegungen auf, während die durch den Willen hervorgebrachten, nach frühern und gegenwärtigen bewussten Empfindungen eingerichteten Bewegungen fortdauern. Im allgemeinen ist in keinem dieser Fälle die Lähmung eine vollständige, da hier die willkürliche, dort die unwillkürliche Regulation der Bewegungen erhalten bleibt. Zudem ist niemals eine totale einseitige Trennung des Fusses oder der Haube möglich; auch wirken die Kreuzungen der Leitungsbahnen ausgleichend. Um beide Formen der unvollständigen Lähmung, diejenige durch Aufhebung des Willenseinflusses und diejenige durch directe Regulation nach den Sinneseindrücken, von einander zu scheiden, wollen wir die erste als Parese, die zweite als Ataxie bezeichnen. Beide Formen der unvollständigen Lähmung unterscheiden sich von der vollständigen, der Paralyse, dadurch dass alle Bewegungen möglich bleiben, aber gestört sind. Bei der Parese, welche den Verletzungen des Hirnschenkelfusses, seiner Ganglien oder der Markausstrahlungen der letzteren in den Hemisphärenlappen nachfolgt, ist die unwillkürliche Regulation der Bewegungen noch vorhanden, aber der Einfluss des Willens ist mehr oder weniger gehemmt, so dass die von ihm abhängigen Bewegungen nur mit Anstrengung oder selbst gar nicht ausgeführt werden können. Die schleppende, mühselige Weise der Bewegung charakterisirt daher diese Störung. Bei der Ataxie, die man nach Trennung der Haube und Schleife und ihrer Ganglien sowie in ganz ähn-

---

[1] Ladame. Symptomatologie und Diagnostik der Hirngeschwülste. Würzburg 1865. S. 180.

licher Weise nach der Verletzung anderer Centraltheile, in welchen sensorische und motorische Leitungsbahnen zusammentreffen, beobachtet, ist der Einfluss des Willens auf die Muskeln erhalten, aber die Coordination der Bewegungen, die unter normalen Bedingungen unwillkürlich, unter der unmittelbaren Leitung der Sinneseindrücke geschieht, ist gestört; die Bewegungen sind daher unsicher, und in Folge der oft misslingenden Versuche durch Willensanstrengung das Gleichgewicht zu gewinnen werden sie zitternd. Der Paretische hat einen schleppenden, der Ataktische einen wankenden Gang [1]). Natürlich sind oft bei pathologischen Functionsstörungen und nach physiologischen Eingriffen die Erscheinungen aus Parese und Ataxie gemischt, so z. B. bei Degenerationen, welche Theile des Streifen- und Sehhügels gleichzeitig ergreifen, nach Verletzungen, welche den Fuss und die Haube des Hirnschenkels gleichzeitig treffen. Man hat auch in diesen Fällen meistens bloss eine theilweise Lähmung des Willenseinflusses, eine Parese, vorausgesetzt, während zweifelsohne in vielen physiologischen Versuchen Parese und Ataxie neben einander bestanden. So beruhen die Reitbahnbewegungen der Thiere nach Hirnschenkelverletzungen wahrscheinlich in den meisten Fällen auf einer Mischung der Symptome, und es dürfte im einzelnen Fall schwer zu entscheiden sein, wie viel der Parese, wie viel der Ataxie zuzurechnen ist. Denn eine ähnliche Abweichung der Bewegungen, wie sie die einseitige Aufhebung der unwillkürlichen Regulirung hervorbringt, muss auch der einseitigen Parese nachfolgen [2]). Sobald die

[1]) Parese und Ataxie sind an und für sich rein symptomatische Begriffe. Der erste bezeichnet die unvollständige Lähmung, der zweite die mangelnde Regulation der Bewegungen. Während nun die unvollständige Lähmung immer sich auf die theilweise Aufhebung des Willenseinflusses bezieht, tritt eine mangelhafte Regulation ausser nach Functionsstörungen der hinteren Hirnganglien und der ihnen entsprechenden Theile des Hirnschenkels überhaupt in allen den Fällen ein, in welchen die normale Einwirkung der Sinneseindrücke auf die Bewegungen aufgehoben ist. So werden wir namentlich sehen, dass Verletzungen und Erkrankungen des kleinen Gehirns sowie der hinteren Rückenmarksstränge mit Ataxie verbunden sind.

[2]) Die jetzt geläufige Erklärung der Reitbahnbewegungen, die zuerst von Lafargue und Longet angebahnt und dann von Schiff vervollständigt wurde, führt dieselben ausschliesslich auf eine Parese zurück. (Longet, Anatomie und Physiol. des Nervensystems I, 356 f. Schiff, Lehrb. der Physiol. I, S. 346.) Obgleich, wie gesagt, nicht zu bestreiten ist, dass die Parese einen ähnlichen Einfluss ausüben und daher auch unter Umständen an den Erscheinungen mitbetheiligt sein kann, so glaube ich doch aus folgenden Gründen die einseitige Aufhebung der unwillkürlichen Coordination als die wesentliche Ursache der Reitbahnbewegung betrachten zu müssen. 1) Einseitige Abtragung eines Streifenhügels oder des ihm entsprechenden Hirnlappenmarks, derjenigen Theile also, von welchen offenbar die willkürlichen Impulse ausgehen, bringt keine Reitbahnbewegung hervor. 2) Hat man dagegen die beiden Streifenhügel und Hirnlappen abgetragen, so dass alle willkürlichen Bewegungen aufgehört haben, so erfolgen nach einseitigen Verletzungen der Vier- und Sehhügel oder der Hirnschenkel die durch sensible Reize ausgeführten Fluchtbewegungen in der Form des Reitbahnganges. — Gewöhnlich hat man mit den nach Trennung der Grosshirnschenkel eintretenden Bewegungsstörungen auch jene Erscheinungen zusammengeworfen, welche nach einseitigen Verletzungen des Kleinhirns und der Kleinhirnschenkel eintreten. Wir werden unten sehen, dass die letzteren auf einen durchaus andern Ursprung hinweisen.

Verletzung der Hirnschenkel jenes Gebiet trifft, in welchem die nach oben aufsteigenden Leitungsbahnen mit der Seitenbahn des kleinen Gehirns zusammentreffen, im Gebiet der Hirnbrücke, mengen sich ausserdem diejenigen Erscheinungen bei, welche der aufgehobenen Function des Kleinhirns zu folgen pflegen.

Die Bewegungsstörungen nach vollständiger Entfernung des kleinen Gehirns lassen im allgemeinen dem Symptomenbild der Ataxie sich zurechnen. Alle Bewegungen werden schwankend und unsicher; dabei ist aber der Einfluss des Willens auf die einzelnen Muskeln nicht aufgehoben; nur die Fähigkeit die Wirkungen derselben zu geordneten Bewegungen zu verbinden scheint verloren. Wird bloss eine beschränkte Stelle des kleinen Gehirns verletzt oder durchschnitten, so gestalten sich die Erscheinungen verschieden, je nachdem die Verletzung den Wurm oder die Seitentheile trifft. Nach einem Schnitt durch die vorderste Gegend des Wurms fallen die Thiere nach vorwärts; bei ihren spontanen Bewegungen ist der Körper vorn übergeneigt, fortwährend zum wiederholten Fallen bereit. Ist der hintere Theil des Wurms durchschnitten worden, so wird dagegen der Körper nach rückwärts gebeugt, und es ist eine Neigung zu retrograden Bewegungen vorhanden [1]). Hat man die eine Seitenhälfte verletzt oder abgetragen, so fällt das Thier sogleich auf die der Verletzung entgegengesetzte Seite, und daran schliessen sich heftige Drehbewegungen um die Körperaxe, die meistens nach der verletzten, zuweilen aber auch nach der gesunden Seite gerichtet sind [2]). Ausserdem bemerkt man im Moment des Schnitts convulsivische Bewegungen der Augen, welchen eine dauernde Ablenkung derselben, meist im nämlichen Sinne, in welchem auch die Rollbewegung stattfindet, nachfolgt. Wurde z. B. die rechte

[1] Renzi, ann. universal. 1863, 64. Auszug in Schmidt's Jahrb. der Medicin. Bd. 121. S. 157. Auch nach Degenerationen des Cerebellum beim Menschen hat man zuweilen eine Neigung den Kopf nach rückwärts zu werfen beobachtet; doch sind diese Fälle verhältnissmässig selten, wahrscheinlich weil die Veränderung meistens sich nicht auf die Mitte beschränkt. (Ladame, Hirngeschwülste, S. 93.)

[2]) Ueber die Richtung der nach Kleinhirnverletzungen eintretenden Rollbewegungen sind die verschiedenen Beobachter durchaus uneins. Nach Magendie leçons sur les fonctions du syst. nerv. I, p. 257 sowie nach Gratiolet und Leven comptes rendus 1860, II, p. 917) erfolgt die Drehung gegen die verletzte, nach Lafargue (Longet a. a. O., I, S. 356 und Lussana (journ. de la physiol. V, p. 433 nach der unverletzten Seite. Nach Schiff (Physiologie I, S. 353 geschieht die Rollung im letzteren Sinne, wenn der Brückenarm getrennt wurde, im ersteren, wenn die Kleinhirnhälfte selbst durchschnitten ist, und Bernard (leçons sur la physiol. du syst. nerv. I, p. 488) bemerkt, dass Verletzungen des hintern Theils der Brückenarme Rotation nach derselben Seite, Verletzungen des vordern Theils Rotation nach der entgegengesetzten Seite hervorruft. Hiernach scheint es nicht unwahrscheinlich, dass die Widersprüche in den Angaben von den weiter unten zu besprechenden Kreuzungsverhältnissen herrühren.

Kleinhirnhälfte durchschnitten, so werden beide Augen nach rechts gedreht, wobei das rechte etwas nach unten, das linke nach oben sich richtet[1]. Beide Lageänderungen können in derselben Weise hervorgebracht werden, wenn man auf der verletzten Seite den äusseren geraden und den oberen schrägen Augenmuskel, auf der unverletzten den inneren geraden und den unteren schrägen Augenmuskel in stärkere Spannung versetzt[2].

Beim Menschen lassen sich vorübergehend Erscheinungen, die den Symptomen nach Kleinhirnverletzungen vollständig gleichen, durch alle diejenigen Ursachen hervorbringen, welche Schwindel erzeugen. Drehung auf der Ferse, Schaukeln, Carousselfahren und andere rasch vor sich gehende active oder passive Bewegungen, die Alkoholintoxication, die Einwirkung eines stärkeren constanten Stromes auf das Hinterhaupt rufen Bewegungsstörungen hervor, welche bald den nach totaler Entfernung, bald den nach partieller Verletzung des Kleinhirns eintretenden Symptomen objectiv vollständig gleichen. In der That ist es nun höchst wahrscheinlich bei allen jenen schwindelerregenden Einwirkungen das Kleinhirn, von welchem die Erscheinungen herrühren, so dass den auf solche Weise am Menschen angestellten Versuchen die Bedeutung transitorischer Functionsstörungen dieses Centralorgans zukommt, wobei sie zugleich vor dem Experiment am Thiere die Möglichkeit einer gleichzeitigen Beobachtung des subjectiven Zustandes voraus haben. Dass es das Cerebellum ist, in welchem der von centralen Ursachen ausgehende Schwindel seinen Sitz hat, machen hauptsächlich die Versuche mit dem constanten Strom wahrscheinlich. Der letztere bringt nämlich nur dann Schwindel hervor, wenn das Hinterhaupt in querer Richtung vom Strome durchflossen wird[3]. Auch hat man nach starker Alkoholeinwirkung zuweilen Blutergüsse im Cerebellum gesehen[4]. So ist denn zu vermuthen, dass der Schwindel durch Drehen, Schaukeln und andere Bewegungen des Körpers ebenfalls im gleichen Organ seinen Ursprung hat. Wahrscheinlich wirkt hierbei die Bewe-

---

[1] Zugleich tritt eine Rollung oder Raddrehung um die Blicklinie ein, wie sie diesen Augenstellungen immer entspricht: es ist nämlich das rechte Auge nach rechts, das linke nach links um seine Blicklinie gerollt. GRATIOLET et LEVEN, comptes rend. 1860. II, p. 947. LEVEN et OLLIVIER, Arch. génér. de méd. 1862. XX, p. 513. Ueber den Zusammenhang der Raddrehungen mit den Augenstellungen vgl. mein Lehrb. der Physiol. 3te Aufl., S. 629.

[2] S. mein Lehrb. der Physiol. 3te Aufl., S. 634 u. S. 568, Fig. 108.

[3] PURKINJE, der zuerst diese galvanischen Versuche anstellte, brachte die Elektroden in beide Ohren (RUST's Magazin der Heilkunde 1827, Bd. 28, S. 297). Hierbei bekommt man nach meinen Beobachtungen schon bei schwächeren Strömen die Schwindelerscheinungen, als wenn man nach HITZIG's Vorgang (Archiv f. Anatomie und Physiol. 1871, S. 727) die fossae mastoideae als Einströmungsstellen wählt. Allerdings treten aber im ersten Fall meistens nebenbei subjective Gehörserscheinungen auf, welche die Beobachtung stören können.

[4] Von FLOURENS, LUSSANA und RENZI beobachtet. Siehe den letzteren in SCHMIDT's Jahrb. Bd. 124, S. 158.

gung des Kopfes direct als ein Druck oder Stoss auf die weiche Nervenmasse.

Am vollständigsten unter allen diesen Schwindelerscheinungen lassen die galvanischen sich studiren[1]). Sobald die Kette geschlossen wird, schwankt der Körper nach der Seite der Anode, die Augen werden zuerst nach der entgegengesetzten, dann aber, während der Strom geschlossen bleibt, langsam nach der nämlichen Seite gedreht. Die erste stossweise Bewegung wird mit wachsendem Strom immer stärker und dauernder, so dass die zweite ganz verschwinden kann. Gleichzeitig erweitern sich langsam die beiden Pupillen. Subjectiv hat man im Moment des Kettenschlusses das Gefühl, als werde dem Körper auf der Seite der Kathode die Stütze entzogen. Die Gesichtsobjecte scheinen sich in einem der scheinbaren Drehung und Widerstandsentziehung des Körpers entgegengesezten Sinne, also gegen die Anode hin zu bewegen. Gewöhnlich ist diese horizontale Scheinbewegung mit einer verticalen combinirt, indem bei der Anode die Objecte nach aufwärts, bei der Kathode nach abwärts bewegt scheinen. Zuweilen kommt es vor, dass man statt der Scheinbewegung der Objecte eine solche des eigenen Körpers im entgegengesetzten Sinne zu fühlen glaubt, so als werde dieser passiv nach der Seite der Kathode gedreht, auf der er gleichzeitig zu versinken scheint. Dieses Gefühl ist fast immer dann vorhanden, wenn während des Versuchs die Augen geschlossen werden; doch kommt es auch im letzteren Falle vor, dass die Scheinbewegung objectivirt, nämlich auf das dunkle Gesichtsfeld bezogen wird. Offenbar haben die objectiv wahrnehmbaren Symptome die Bedeutung compensirender Bewegungen. Weil man den Körper nach der Seite der Kathode gedreht und ihm hier die Stütze entzogen glaubt, so dreht man ihn unwillkürlich gegen die Anode hin und sucht sich hier festzuhalten. Unterdrückt man diese compensirende Bewegung, so kann das Gefühl, als werde dem Körper die Stütze entzogen, sein wirkliches Umfallen herbeiführen. Eine erste Andeutung dieses Ereignisses bemerkt man häufig im Moment des Kettenschlusses: der Körper sinkt nämlich in der That zuerst nach der Seite der Kathode, stellt aber dann rasch durch Drehung gegen die Anode das Gleichgewicht wieder her. Zuerst erfolgt also Drehung im Sinne der Scheinbewegung und dann erst Drehung im Sinne der Compensation dieser Scheinbewegung. Dieser Fall ist es nun, der beim Auge regelmässig zur Beobachtung kommt: das Auge wird, wie wir oben bemerkten, immer zuerst momentan gegen die Kathode gedreht, worauf dann die langsamere und dauernde Compensationsbewegung im

---

[1]) Vgl. Purkinje a. a. O. Brenner, Untersuchungen und Beobachtungen auf dem Gebiete der Elektrotherapie. Leipzig 1868. I, S. 75. Hitzig, Archiv f. Anatomie und Physiol. 1871. S. 724.

entgegengesetzten Sinne eintritt. Ganz ähnliche objective und subjective Erscheinungen erfolgen, wenn man sich längere Zeit rasch auf der Ferse dreht. Die Objecte gerathen zum Theil schon während der Drehung, namentlich aber sobald man mit derselben einzuhalten sucht, in eine Scheinbewegung nach der entgegengesetzten Richtung. Je stärker diese ist, um so mehr sucht man unwillkürlich die Scheinbewegung durch die eigene Bewegung auszugleichen: so kommt es, dass zuletzt bei starkem Schwindel ein fast unwiderstehlicher Zwang entsteht, die Drehung in der einmal begonnenen Richtung fortzusetzen. Werden die Augen geschlossen, so ist der Schwindel mehr subjectiv: es entsteht das Gefühl, als wenn auf derjenigen Seite, welche der Richtung der Drehung gegenüberliegt, dem Körper der Halt fehlte, man sucht daher unwillkürlich auf der andern Seite nach einer Stütze oder setzt, wenn eine solche nicht gefunden wird, die Drehung fort. Unterdrückt man die compensirende Bewegung, so stürtzt, wie bei den galvanischen Versuchen, der Körper auf der Seite zusammen, auf der ihm die Stütze entzogen scheint. Die Augen sind, so lange die Drehung dauert, und im ersten Moment nach derselben, in einem ihr entgegengesetzten Sinne abgelenkt, worauf dann auch bei ihnen die compensirende Bewegung im Sinne der Drehung erfolgt. Bei starkem Schwindel, welchen Ursprungs derselbe übrigens sein möge, treten endlich zu den erwähnten Scheinbewegungen der Objecte noch andere Sehstörungen hinzu: die Gegenstände erscheinen undeutlich, mit verwaschenen Rändern, die Umrisse unterbrochen, die Gestalt verzerrt. Im höchsten Grad des Schwindels können diese Symptome der Amblyopie in völlige Verdunklung des Gesichtsfeldes übergehen.

So sind der Drehschwindel und der galvanische Schwindel offenbar Vorgänge von analoger Art, und beide gleichen in ihren objectiven Symptomen vollständig den Erscheinungen nach halbseitigen Verletzungen der Kleinhirnhemisphären. Die unwiderstehliche Gewalt, mit welcher hier die Thiere um die Längsaxe ihres Körpers rotiren, kann nur mit der Nöthigung des Schwindelnden verglichen werden, seinen Körper in derjenigen Richtung zu drehen, welche der scheinbaren Drehung der Gesichtsobjecte oder der Stelle der aufgehobenen Unterstützung des Körpers entgegengesetzt ist [1]. Da bei der Schliessung stärkerer Ströme vorzugsweise in der Nähe der positiven Elektrode oder Anode, bei der Oeffnung in der Nähe der ne-

[1] Purkinje hat zuerst auf die Analogie der nach gewissen Hirnverletzungen eintretenden Bewegungen mit den Schwindelerscheinungen hingewiesen (Rust's Magazin, Bd. 23, S. 285). Henle (rationelle Pathologie II, 2. S. 56) dehnte diese Theorie auf alle so genannte Zwangsbewegungen, also namentlich auch auf die Reitbahnbewegungen nach Verletzung der Hirnschenkel aus. Aber nur die Rotationen nach einseitiger Verletzung des Kleinhirns geschehen mit jenem Zwang, der dem unwiderstehlichen Trieb zur Drehung beim Schwindel gleicht.

gativen, der Kathode, die Function der Nervenfasern gehemmt wird, so stehen die galvanischen Schwindelerscheinungen wahrscheinlich mit den Störungen nach einseitiger Kleinhirnverletzung im unmittelbarsten Zusammenhang: denn die Schliessung des Stroms muss auf die der Anode benachbarte, die Oeffnung auf die der Kathode benachbarte Kleinhirnhälfte analog einer durch Abtragung oder Durchschneidung erzeugten Functionshemmung wirken. In der That kehren bei der Oeffnung der Kette die Erscheinungen vollständig sich um. Jetzt scheint bei der Anode dem Körper die Stütze entzogen, die compensirende Drehung geschieht nach der Kathode hin, u. s. f.[1]. In allen Fällen geschieht also die Drehung des Körpers nach der Seite der Functionshemmung, nur im ersten Moment sinkt derselbe zuweilen nach der entgegengesetzten, gerade so wie dies in der Regel nach einseitigen Kleinhirnverletzungen stattfindet.

Auch der Drehschwindel ist zum Theil ohne Zweifel centralen Ursprungs. In Folge der Drehbewegung wird das Cerebellum durch die Centrifugalkraft einen Druck nach der Seite der Drehung erfahren; dem entspricht dann, dass auf der entgegengesetzten Seite die Unterstützung des Körpers aufgehoben scheint, und dass die compensirende Bewegung in der fortgesetzten Drehung besteht. Aber nebenbei können in diesem Fall auch peripherische Ursachen mitwirken. Jede wirkliche oder scheinbare Bewegung der Gesichtsobjecte, welche mit einer gewissen Geschwindigkeit geschieht, kann nämlich Schwindel erzeugen. Indem die Augen unwillkürlich der Bewegung der Objecte folgen, können sie doch niemals fixirend die letzteren festhalten, es treten daher compensirende Bewegungen der Augen und unter Umständen des ganzen Körpers in der entgegengesetzten Richtung ein. Da dem in der Richtung der Scheinbewegung abgelenkten Auge fortwährend die Gegenstände entschwinden, ohne dass es dieselben weiter verfolgen kann, so sucht es unwillkürlich nach einer Stellung zurückzukehren, von welcher aus es von neuem die bewegten Objecte fixirend verfolgen und dadurch deutlicher auffassen kann: in solchem Bestreben wird es von entsprechenden Bewegungen des ganzen Körpers unterstützt. In diesem Kampf der Augen- und Körperbewegung mit der Bewegung der Objecte, bei dem es niemals zu einer deutlichen Auffassung der letzteren kommen kann, besteht eben der Gesichtsschwindel. Im Gebiet der Tasteindrücke und Muskelempfindungen kommen aber ähnliche Erscheinungen vor. Wenn man sich rasch auf der Ferse dreht, so wird diese Bewegung, nachdem sie einmal in Gang gekommen ist, wegen der erlangten lebendigen Kraft mit einer so geringen Muskelanstrengung

---

[1] Bei schwächeren Strömen sind die Schwindelerscheinungen beim Oeffnen der Kette, falls die vorausgegangene Schliessung einige Zeit andauert, sogar viel deutlicher.

fortgesetzt, dass die letztere zu der stattfindenden Drehung, von welcher uns die Tastempfindungen Aufschluss geben, gar nicht im Verhältnisse steht. Hält man daher plötzlich an, so entsteht die Empfindung, als wenn der Körper gewaltsam nach der entgegengesetzten Seite gedreht oder umgeworfen würde; diese Gleichgewichtsstörung kann aber nur durch Fortsetzung der Drehung im ursprünglichen Sinne oder durch Festhalten des Körpers auf der Seite der ursprünglichen Drehrichtung äquilibrirt werden. In allen diesen Fällen sind also die Zwangsbewegungen Versuche zur Herstellung eines gestörten Gleichgewichts. Die Störung des Gleichgewichts ist aber entweder dadurch veranlasst, dass die Objecte durch ihre wirkliche oder scheinbare Bewegung fortwährend der verfolgenden Bewegung unserer wahrnehmenden Organe entfliehen, oder dadurch dass wir durch Incongruenzen zwischen Tastempfindung und Muskelanstrengung an unsern eigenen Bewegungen irre werden. Beide oft mit einander verbundene Formen des Schwindels sind also Störungen des Gleichgewichts unseres Körpers, welche in einer gestörten Auffassung von Bewegungen, sei es äusserer oder eigener, ihren Grund haben. Schon die blosse Vorstellung einer Incongruenz zwischen der Bewegung durch den Raum und den zu derselben verfügbaren Muskelanstrengungen kann daher Schwindel erregen, wie z. B. beim Sehen in die Tiefe oder in eine steile Höhe.

Wie die Rotation des Körpers Erscheinungen herbeiführt ähnlich denen, die einer seitlichen Verletzung des Kleinhirns folgen, so entspricht der bei andern schnellen Bewegungen eintretende Schwindel offenbar andern Functionsstörungen dieses Organs. Die totale Unsicherheit aller Bewegungen z. B., wie sie bei der Seekrankheit vorkommt, gleicht einer Functionsstörung des ganzen Cerebellum; diese wird offenbar herbeigeführt durch das unregelmässige Schwanken des Schiffes, durch welches das Organ in allen möglichen Richtungen mechanische Stösse empfängt.

Die Ursachen der Symptome nach Kleinhirnverletzungen sind durch den Nachweis, dass sie nichts anderes als Schwindelanfälle darstellen, von verschiedener Form je nach der Stelle der Verletzung, ihrer Erklärung bereits nahe gerückt. Von der Lage und Stellung unserer Glieder verschaffen uns die Eindrücke, welche in Folge dieser Lage und Stellung auf die sensibeln Nerven der Theile einwirken, eine Vorstellung. Man hat vielfach geglaubt, die letztere komme ausschliesslich durch Empfindungen zu Stande, welche bei der Contraction der Muskeln stattfinden. In der That besitzen wir für Kraft und Umfang der Muskelzusammenziehung ein ziemlich scharfes Maass in Empfindungen, welche jeden motorischen Innervationsvorgang begleiten. Da dieselben, auch wenn die Hautsensibilität aufgehoben ist, z. B. nach Durchschneidung der hinteren Rückenmarkswurzeln

oder nach dem Abziehen der Haut, fortdauern, während sie bei allen Störungen der motorischen Innervation gleichfalls gestört sind, so ist es wahrscheinlich, dass sie nicht in den Muskeln, sondern in den centralen Apparaten stattfinden, von welchen der motorische Innervationsvorgang ausgeht[1]. Aber so wichtig die Bewegungsempfindungen zur Regulation der Bewegungen sind, so sind doch sie bei der Bildung der Vorstellungen von der dauernden Stellung unserer Glieder wahrscheinlich nicht wesentlich betheiligt, sondern hier scheint die Hauptrolle theils den Tastempfindungen theils jenen Empfindungen zuzukommen, welche von den Lageänderungen der Theile, also von den Drehungen der Gelenke, den Verkürzungen der Muskeln u. s. w. herrühren, und welche durch sensible Nerven vermittelt werden, die mit den Tastnerven der Haut verlaufen. Es gibt zwei Thatsachen, welche diese Auffassung begründen: erstens die eigenthümlichen Bewegungsstörungen, welche bei Thieren nach Durchschneidung der hinteren Nervenwurzeln eintreten, und zweitens die Symptome der Ataxie, welche beim Menschen Degenerationen der Hinterstränge des Rückenmarks begleiten. Nach der Durchschneidung der sensibeln Nervenwurzeln bleibt die Fähigkeit der Bewegung erhalten, nichts spricht dafür, dass die Bewegungsempfindungen aufgehoben seien, wie man irrthümlich geglaubt hat; die Thiere besitzen immer noch ein Maass für die Kraft ihrer Bewegungen. Wenn nun trotzdem die letzteren gestört sind, zuweilen ungeschickt oder so ausgeführt werden, dass unbequeme Stellungen eintreten, so liegt es offenbar nahe vorauszusetzen, dass zwar die Innervationsempfindungen erhalten blieben, dass aber in Folge der Operation jene Eindrücke nicht mehr percipirt werden, welche über die Lage und Stellung der Glieder Aufschluss geben[2]. Aehnlich verhalten sich jene Bewegungsstörungen, welche beim Menschen in Folge der so genannten grauen Degeneration

---

[1] Der Ausdruck »Innervations-« oder »Bewegungsempfindungen« ist daher jedenfalls dem früher meist gebrauchten »Muskelempfindungen« vorzuziehen. Näheres über die Bewegungsempfindungen vgl. im zweiten Abschnitt.

[2] Ueber die Bewegungsstörungen nach Durchschneidung der sensibeln Nervenwurzeln vgl. BERNARD, leçons sur la physiol. du système nerveux I, p. 248. Gegen die früher schon von BELL und neuerdings auch von BERNARD ausgesprochene Ansicht, wonach alle Bewegungsempfindungen von sensibeln Fasern abhängen, welche in den hintern Nervenwurzeln in das Rückenmark eintreten, hat bereits W. ARNOLD mit Recht bemerkt, dass dieser Auffassung das Verhalten der Thiere nach einseitiger Durchschneidung der sensibeln Wurzeln durchaus nicht entspricht. W. ARNOLD, die Verrichtungen der Wurzeln der Rückenmarksnerven. Heidelberg, 1844, S. 112. Nach dieser Operation ist das Verhalten der beiden Hinterextremitäten allerdings kein gleichmässiges. Der Frosch zieht z. B. das empfindlich gebliebene Bein auch während der Ruhe an, das unempfindliche lässt er fast in jeder Stellung, die man ihm gibt. Sobald aber das Thier Bewegungen ausführt, lassen sich in den Bewegungen der beiden Seiten keine wesentlichen Unterschiede mehr erkennen, wie solches doch offenbar der Fall sein musste, wenn auf der operirten Seite jede Spur einer Bewegungsempfindung erloschen wäre.

der hinteren Rückenmarksstränge beobachtet werden. Neben einer mehr oder weniger vollständigen Unempfindlichkeit der Haut findet man, dass das Gefühl für das Gleichgewicht des Körpers sowie die Wahrnehmung der Stellung der Glieder gestört ist: beträchtliche Dislocationen der letzteren oder passive Bewegungen, die man mit ihnen vornimmt, können daher unbemerkt bleiben; dagegen sind willkürliche Bewegungen möglich, und der Kranke behält für Kraft und Umfang seiner activen Muskelanstrengungen ein ziemlich genaues Maass [1]. Offenbar sind nun die Erscheinungen nach Kleinhirnverletzungen von analoger Art. Auch hier kann von einer absoluten Aufhebung der Bewegungsempfindungen nicht wohl die Rede sein. Selbst nach vollständiger Entfernung des kleinen Gehirns lernen die Thiere, falls sie nur die Operation längere Zeit überleben, wieder zweckmässige Bewegungen ausführen, nur eine gewisse Unsicherheit derselben bleibt immer bestehen. Wenn die im Momente der Operation eintretenden Störungen so viel stürmischer sind als z. B. bei der Ataxie in Folge grauer Degeneration der Hinterstränge, so liegt wohl vor allem in der Plötzlichkeit des Eingriffs der Grund. Beim Menschen sind auch umfangreiche Degenerationen des Kleinhirns mit verhältnissmässig unbedeutender Störung der Bewegungen beobachtet.

Durch diese Erwägungen werden einige der Theorieen, welche man über die Bedeutung des kleinen Gehirns aufgestellt hat, von vornherein beseitigt. Wir können dieses Organ weder mit Flourens als den allgemeinen Coordinator der Körperbewegungen, noch mit Luys als die Kraftquelle aller motorischen Innervation, noch mit Lussana als den Sitz der Muskelempfindungen betrachten, weil sich nicht einsehen lässt, wie die Ordnung, Kraft und das Maass der Bewegungen im Laufe der Zeit bis zu einem gewissen Grade wenigstens wiederhergestellt werden können, wenn das Centralorgan, von welchem Ordnung, Kraft oder Empfindung der Bewegungen ausgehen, nicht wiederersetzt wird [2]. Andere Hypothesen er-

[1] Leyden, Virchow's Archiv, Bd. 47, S. 321. Die früher schon von Eigenbrodt (ebend. Bd. 23, 571) beobachtete Thatsache, dass Kranke, deren Drucksinn in Folge von Anästhesie bedeutend geschwächt ist, einen Kraftsinn von normaler Schärfe besitzen können, hat Leyden bestätigt, zugleich aber gefunden, dass auch beim Heben des Gewichtes immerhin der Schwellenwerth des Reizes eine bedeutendere Grösse als im normalen Zustande besitzen muss, um percipirt zu werden (a. a. O., S. 329).

[2] Die Auffassung von Flourens gründet sich hauptsächlich auf die Erscheinungen, welche der Wegnahme des ganzen Kleinhirns oder der schichtenweisen Abtragung desselben zu folgen pflegen (Untersuchungen über die Eigenschaften und Verrichtungen des Nervensystems, S. 34); einseitige Verletzungen hat Flourens nur bei Vögeln ausgeführt und hier keine Drehbewegungen, sondern nur Schwäche auf der entgegengesetzten Seite beobachtet (ebend. S. 104). Luys sucht auf anatomischem Wege darzuthun, dass in dem Kleinhirn ausschliesslich motorische Fasern zusammenfliessen (recherches sur le système nerveux p. 118 et 563), ein Satz, der jedenfalls in Bezug auf die Fasern der untern Kleinhirnstiele irrthümlich ist. Die nämliche Hypothese hat übrigens Weir Mitchell entwickelt, welcher durch Kälteanwendung auf das Organ und Gefrieren

mangeln in noch höherem Grade der thatsächlichen Begründung: so die von den Phrenologen in Umlauf gebrachte Beziehung des kleinen Gehirns zum Geschlechtstrieb oder die von einigen Beobachtern behauptete Bedeutung desselben für den Gesichtssinn[1]. Durch die Functionshemmung des kleinen Gehirns wird offenbar nur die Auffassung jener sensibeln Eindrücke gestört, welche die Empfindungen von der Stellung der Glieder und von der Unterstützung des Körpers, so weit solche auf die Bewegungsinnervation

---

desselben ähnliche Bewegungsstörungen erzielte, wie sie der mechanischen Verletzung oder Abtragung zu folgen pflegen. (Gaz. des hôpitaux 1872. No. 1 et 2.) Des grössten Beifalls hat sich in der neueren Zeit die Theorie von Lussana zu erfreuen gehabt, welcher das kleine Gehirn als das Organ des Muskelsinns auffasst (journal de la physiologie t. V, p. 418 et t. VI, p. 169), und gewiss ist dieselbe insofern ein Fortschritt, als in ihr an die Stelle des unbestimmten Ausdrucks »Coordinator der Bewegungen« eine plausible Ursache getreten ist, welche der mangelnden Coordination zu Grunde gelegt wird. Aber die Thiere machen, namentlich wenn sie längere Zeit am Leben erhalten werden können, durchaus nicht den Eindruck, als wenn ihnen jedes Gefühl für die Kraft und den Umfang ihrer Bewegungen abhanden gekommen sei. Im Gegentheil scheinen sie die mangelnde Coordination zum Theil dadurch wieder zu gewinnen, dass bei der Ausgleichung jener Störungen, welche die Bewegungen unsicher machen, neben andern Einflüssen auch das Kraftgefühl mitwirkt. Es scheint mir ganz unbegreiflich, wie die Thiere selbst nach umfangreichen Zerstörungen des Kleinhirns allmälig wieder leidlich sollten gehen lernen, wenn jede Innervationsempfindung aufgehoben wäre. Auch der Umstand, dass das Cerebellum zu denjenigen Theilen gehört, dessen Degenerationen beim Menschen am seltensten von Sprachstörungen begleitet sind (Ladame, S. 23. 98), spricht gegen Lussana's Hypothese, da sich eine Aufhebung des Muskelsinns ohne tief greifende Sprachstörungen nicht denken lässt.

[1] Die Beweisgründe der Phrenologen für den Satz, dass das kleine Gehirn Organ des Geschlechtstriebes sei, finden sich gesammelt in dem Werke von Combe: on the functions of the cerebellum by Dr. Gall, Vimond and others. Edinburgh 1838. Die kritiklose Weise, in welcher hier und in andern phrenologischen Schriften Citate aus alten Schriftstellern, mangelhaft untersuchte Krankheitsfälle und der Selbsttäuschung dringend verdächtige Beobachtungen zu einem Beweismaterial angehäuft werden, das lediglich durch seine Masse imponiren soll, würde selbst dann die Berücksichtigung verbieten, wenn nicht allen diesen Arbeiten von Anfang bis zu Ende die Voreingenommenheit des Urtheils aufgeprägt wäre. Uebrigens ist bemerkenswerth, dass noch neuerdings Beobachter, denen eine ähnliche Befangenheit nicht zugeschrieben werden kann, wie Lussana (journ. de la phys. t. V, p. 440) und R. Wagner (Göttinger Nachrichten 1860, S. 32), auf pathologische Beobachtungen gestützt eine Beziehung des Kleinhirns zu den Geschlechtsfunctionen für möglich halten. Aber es kommt in Betracht, dass in pathologischen Fällen häufig benachbarte Theile mitgestört sind. So sind auch die Convulsionen, die man zuweilen bei Degenerationen des Cerebellum beobachtet (Ladame, S. 90), höchst wahrscheinlich durch Circulationsstörungen in den an der Hirnbasis gelegenen Theilen, medulla oblongata und Brücke, verursacht, welche, wie wir gesehen haben, meistens der Sitz epileptiformer Anfälle sind. Möglicher Weise handelte es sich in den Fällen, in welchen man bei Kleinhirnerkrankungen eine Steigerung des so genannten erotischen Sinnes constatirte, um eine gesteigerte Reflexerregbarkeit jener selben Hirntheile. Serres (anat. compar. du cerveau t. II, p. 601, 717) hat die Ansicht von Gall dahin modificirt, dass bloss dem mittleren Theil des Kleinhirns jene Bedeutung zukomme; aber schon Longet hat bemerkt, dass gerade Affectionen des Wurms am leichtesten auf das verl. Mark zurückwirken; zugleich hebt derselbe hervor, dass man durch Reizung des Marks bis in den Halstheil, niemals aber durch Reizung des kleinen Gehirns Priapismus hervorrufen könne (Anatomie und Physiol. des Nervensystems I, S. 615). Gegenüber vereinzelten Beobachtungen ist es endlich entscheidend, dass die Statistik der Kleinhirntumoren die Ansicht der Phrenologen nicht im geringsten bestätigt (Ladame, S. 99). Vom vergleichend-anatomischen Standpunkte haben Leuret (anatomie comparée du système nerveux I, p. 219) sowie R. Owen (anatomy

von Einfluss sind, bedingen. Ist die Functionshemmung eine einseitige, so erfolgt die peripherische Störung im allgemeinen auf der gegenüberliegenden Körperseite: auf dieser sinkt nun das Thier im Moment der Verletzung zusammen, um dann, wie bei andern Formen des Schwindels, durch rasche unwillkürliche Drehung nach der andern Seite, auf welcher das Gefühl für die Stellung des Körpers erhalten blieb, die verlorene Unterstützung zu gewinnen. Doch ist die Richtung der Drehung, wie wir bemerkt haben, nicht ganz constant. Dies würde sich erklären, wenn man voraussetzt, dass auf der ganzen Seitenbahn des kleinen Gehirns von den strickförmigen Körpern an bis zu den Brückenarmen sich die Kreuzung der Fasern allmälig vollzieht, so dass dieselbe erst vollendet ist in den Brückenarmen, während bei Trennungen, die das kleine Gehirn treffen, bald die eine bald die andere Körperseite vorwiegend von der Störung betroffen wird, je nachdem eine Stelle getrennt wurde, an welcher der grössere Theil der Fasern noch ungekreuzt oder schon gekreuzt ist. In dieser Beziehung mögen auch wohl bei verschiedenartigen Thieren Unterschiede obwalten. So ist es augenfällig, dass bei Vögeln die Störungen nach halbseitigen Kleinhirnverletzungen meistens beide Körperseiten mehr

---

of vertebrates I, p. 287) hervorgehoben, dass im Thierreich die Energie der Geschlechtsfunctionen und die Entwicklung des Cerebellum durchaus nicht gleichen Schritt halten. Dagegen bemerkt der letztere, dass ein stark entwickeltes Cerebellum durchweg auf eine stark entwickelte Körpermuskulatur zurückschliessen lasse. In der That ist dieser Parallelismus durch das ganze Wirbelthierreich, von den Fischen bis herauf zu den Säugethieren, zu constatiren. So sind es die durch ihre gewaltige Muskelkraft ausgezeichneten Riesen der Säugethierwelt, die Elephanten, die Walfische, die durch ein massiges, an seiner Oberfläche vielfach gefaltetes Kleinhirn sich auszeichnen (Owen vol. III, p. 88). Diese Thatsachen sprechen für nichts weiter als für eine Beziehung des Kleinhirns zu den Körperbewegungen, wofür auch schon die physiologischen Erfahrungen eintreten, deuten lassen sie sich ebensowohl nach den Hypothesen von Flourens oder von Lussana wie im Sinne derjenigen Ansicht, welche wir unten entwickeln werden. — Störungen des Gesichts sind bei Affectionen des Kleinhirns mehrfach beobachtet worden. Brown-Séquard, der solche Fälle gesammelt hat, meint aber selbst, dass Druck auf die Vierhügel die Ursache gewesen sei (journal de la physiol. t. IV, p. 413). Oft sind ohne Zweifel die oben beschriebenen Bewegungsstörungen des Auges Ursache der Sehstörungen. Es ist wahrscheinlich, dass hierauf viele der von Renzi, Lussana (journ. de la phys. V, p. 173), Luys (recherches, p. 564) theils selbst angestellten, theils gesammelten Beobachtungen zurückzuführen sind. Luys vermuthet eine specielle Beziehung des Kleinhirns zu den Accomodationsbewegungen. Renzi möchte in ihm ein Organ sehen, in welchem Zweigbahnen aller Sinnesnerven zusammenlaufen. Er nimmt in ihm den Sitz der „sensuellen Aufmerksamkeit" an, von welchem aus die verschiedenen Sinnesorgane centrifugal innervirt werden, ein Vorgang, welcher die Bedingung einer gehörigen Coordination der Bewegungen sein soll. (Referat von Theile in Schmidt's Jahrb. S. 159, 160.) Aber diese Ansicht lässt, obgleich sie unverkennbar einer richtigen Erkenntniss auf der Spur ist, durchaus dunkel, wie die Coordination eigentlich zu Stande kommt; auch können die anatomischen Prämissen, auf welche sie sich stützt, heute nicht mehr zugegeben werden. Die Meinung Schiff's (Physiologie I, S. 355), dass die Rollungen nach einseitiger Verletzung des Cerebellum von einer halbseitigen Lähmung der Wirbelsäule herrühren, wird heute wohl von Niemandem mehr getheilt, da sie weder die Erscheinungen erklärt noch mit der Anatomie der Leitungswege irgendwie in Einklang zu bringen ist.

oder weniger ergreifen [1]). Diese Erscheinung hängt vielleicht mit der Bewegungsweise der Thiere zusammen, indem die Unterglieder bei den Flugbewegungen nicht, wie bei den Orfsbewegungen der Säugethiere, abwechselnd sondern synchronisch wirksam sind. Darnach ist zu vermuthen, dass sich im Cerebellum des Vogels die gekreuzten und ungekreuzten Fasern das Gleichgewicht halten. Die Annahme liegt nahe, dass mit diesen Verhältnissen auch der fast gänzliche Mangel der Seitentheile des Kleinhirns zusammenhängt.

Am Auge kommen nun die nämlichen Verhältnisse zur Geltung wie an den Organen der Ortsbewegung. Auch hier haben wir zu unterscheiden erstens die Bewegungsempfindungen, welche die motorische Innervation begleiten, und zweitens Empfindungen der sensiblen Fläche des Organs, der Netzhaut. Dazu kommen dann noch jene Eindrücke, welche der Augapfel bei seinen Bewegungen auf die sensibeln Nerven der Bindehaut und anderer Theile der Orbita ausübt. Die Kraft und den Umfang unserer Augenbewegungen ermessen wir sicherlich, wie namentlich aus noch später mitzutheilenden Thatsachen hervorgehen wird [2], aus den Innervationsempfindungen; eine Vorstellung von der jeweiligen Stellung des Auges gewinnen wir aber wahrscheinlich aus jenen sensibeln Eindrücken, welche durch die Pressungen und Zerrungen der umgebenden Theile bedingt sind. Aus der gestörten Beziehung der Netzhautempfindungen und vielleicht auch dieser zuletzt genannten Lageempfindungen zu den Bewegungen des Auges lassen sich nun die wahrnehmbaren Veränderungen vollständig ableiten, während die allmälige Ausgleichung derselben entschieden gegen eine Aufhebung der Bewegungsempfindungen spricht, da diese Ausgleichung durch willkürliche Bewegungen geschieht, zu deren Regulation gerade die Bewegungsempfindungen benutzt werden müssen. Für die directe Vertretung der Sehnervenfasern im Kleinhirn sprechen insbesondere auch die eigenthümlichen Störungen der Lichtempfindung, die Amblyopie oder völlige Verdunkelung des Gesichtsfeldes, welche häufig den Schwindel begleiten. So tritt denn nach halbseitiger Functionshemmung des kleinen Gehirns am Auge das ähnliche ein was wir an den Organen der Ortsbewegung beobachten. Es wird nämlich e i n s e i t i g die Empfindung von der Beziehung des Sehfeldes zum Raum und von der Lage des Auges in der Orbita aufgehoben. Aber die einseitige Störung trifft in diesem Fall nicht mit der hälftigen Scheidung des Körpers zusammen, sondern es ist, wie die Versuche mit dem galvanischen Strom wahrscheinlich machen, in j e d e m Auge die der Functionshemmung

---

[1] Lussana, journ. de la physiol. V, p. 433.
[2] Vgl. Abschnitt III. Cap. XIV.

des Cerebellum entgegengesetzte Seite gestört. Die Scheinbewegung der Objecte erfolgt nämlich, wie wir gesehen haben, von der Anode gegen die Kathode, ist also von der Seite der Functionshemmung nach der gegenüberliegenden Seite gerichtet. Nun setzt eine solche Scheinbewegung eine Bewegung des Auges in entgegengesetzter Richtung voraus, bei der aber die Auffassung dieser Bewegung aus irgend einer Ursache gestört ist. So können wir auf die einfachste Weise eine Scheinbewegung der Objecte hervorbringen, wenn wir den Augapfel mit der Hand gewaltsam in einer bestimmten Richtung bewegen. Zerrt man z. B., während das linke Auge geschlossen ist, das rechte nach rechts, so tritt eine Scheinbewegung nach links ein. Wenn nun, sobald ein galvanischer Strom von rechts nach links durch das Gehirn geht, jedes Auge vorzugsweise auf der linken Seite die Empfindung seiner Lage in der Augenhöhle einbüsst, so muss im Moment wo diese Empfindungsstörung eintritt dies denselben Effect für das Sehen hervorbringen, als wenn das Auge plötzlich gewaltsam nach rechts gezerrt worden wäre. Ohne dass Bewegungsempfindungen stattgefunden hätten, besitzen wir doch plötzlich eine geänderte Vorstellung von der Lage des Auges, es muss also auch hier eine Scheinbewegung der Objecte, und zwar, da das Auge von links nach rechts dislocirt scheint, eine Scheinbewegung von rechts nach links erfolgen. Diese Scheinbewegung wirkt nun alsbald zurück auf die Bewegung des Auges: indem dasselbe zunächst der Scheinbewegung zu folgen sucht, wird es ebenfalls nach links gerichtet, da es ihm aber nicht gelingt, die Objecte zu fixiren, so nimmt es allmälig eine der Scheinbewegung entgegensetzte Stellung an. Auf diese Weise entsteht jener Kampf der Augenbewegungen, wie wir ihn bei allen Formen des Gesichtsschwindels beobachten. Die centralen Opticusfasern, deren Erregung durch die Beziehung zu den Bewegungen des Auges die Vorstellung von der Lage des Sehfeldes vermittelt, müssen also im Cerebellum in ganz analoger Weise wie in den Vierhügeln vertreten sein: d. h. in der rechten Hälfte des Organs die rechte, in der linken die linke Hälfte der beiden Netzhäute. Ist es das vordere Marksegel, welches diese Verbindung vermittelt, so wäre anzunehmen, dass jeder Vierhügel eine Vertretung der ihm zugehörigen Opticusbahn nach der entsprechenden Kleinhirnhälfte sendet. Auch für die sensorischen Fasern, welche die Eindrücke von den Pressungen in der Augenhöhle nach dem kleinen Gehirn leiten, also für die nach dem Kleinhirn abgeleitete Zweigbahn der in der Augenhöhle sich ausbreitenden Trigeminusfasern, sind wohl ähnliche Kreuzungsverhältnisse wahrscheinlich. Es muss nämlich, wenn zugleich die Empfindung von der Lage des Augapfels in der Orbita gestört ist, nach unserer Theorie vorausgesetzt werden, dass die Aussen-

wand der linken und die Innenwand der rechten Augenhöhle in der rechten, die Innenwand der linken und die Aussenwand der rechten Augenhöhle in der linken Cerebellumhälfte durch sensorische Fasern vertreten seien, oder mit andern Worten: die Fasern der Aussenwand müssen sich kreuzen, ehe sie im Cerebellum endigen, die Fasern der Innenwand müssen ungekreuzt bleiben. Wie in den Hirnganglien Innen- und Aussenhälfte beider Netzhäute, Ein- und Auswärtswender beider Augäpfel einander zugeordnet sind, so hier im Cerebellum ausserdem noch Innen- und Aussenwand beider Augenhöhlen. Aehnliche correspondirende Kreuzungsverhältnisse müssen nun auch in Bezug auf die Vertretungen der motorischen Körperprovinzen und der ihnen zugeordneten sensibeln Hautflächen angenommen werden. Im vordern Theil des Cerebellum werden also die Haut- und Muskelprovinzen von der hintern Seite, im hintern Theil diejenigen von der vordern Seite, und in jeder Cerebellumhälfte werden die Muskel- und Hautprovinzen der entgegengesetzten Körperhälfte vertreten sein: ähnlich den sensibeln Hautnerven werden sich endlich jene Fasern verhalten, welche die so genannten Gemeingefühlsempfindungen von den Pressungen der Theile, den Beugungen der Gelenke u. s. w. vermitteln.

Eine gewisse Bestätigung erhält diese Erklärung durch die Thatsache, dass Störungen der Bewegung, welche den nach Kleinhirnverletzungen gleichen, und welche sich, wo sie der subjectiven Beobachtung zugänglich sind, in der Form von Schwindelerscheinungen kundgeben, eintreten können, wenn durch peripherische Ursachen die Empfindungen der räumlich auffassenden Sinne gestört werden. So kann Anästhesie der Haut oder Zubinden der Augen Ataxie und schwindelähnliche Zufälle herbeiführen. Bei Thieren kann sogar schon Blendung oder Zubinden des *einen* Auges fehlerhafte Richtung der Ortsbewegungen verbunden mit auffälliger Unsicherheit derselben zur Folge haben. Vielleicht gehören in dieselbe Kategorie peripherischer Störungen die merkwürdigen Erscheinungen, welche die Verletzung der halbcirkelförmigen Kanäle des Ohrs hervorruft. Auch sie bestehen in taumelnden Bewegungen, denen eines Schwindelnden ähnlich. Die Bogengänge sind vielleicht, wie GOLTZ vermuthet, peripherische Endapparate für die Erhaltung des Gleichgewichts, die einer Wasserwage gleichen, indem in ihnen die regulirenden Eindrücke durch den Druck der Labyrinthflüssigkeit zu Stande kommen [1]. Es ist möglich, dass gerade der Kopf mit einem speciell für diesen Zweck bestimmten Apparat ausgerüstet ist, weil bei ihm diejenigen Momente, welche sonst die Empfindung von der Lage der Theile vermitteln, Pressungen durch Muskelspannungen, Ge-

---

[1] FLOURENS, comptes rendus. 1861. LII, p. 613. GOLTZ, PFLÜGER'S Archiv f. Physiologie III, S. 172.

lenkbewegungen u. dergl., fast ganz hinwegfallen. Die Nerven zu den Bogengängen verlaufen im Stamm des Acusticus, der ja durch seinen Ursprung in besonders nahe Beziehung zum kleinen Gehirn gesetzt scheint. Es ist also annehmbar, dass jener Aequilibrirungsapparat ebenso wie andere Sinnesflächen im kleinen Gehirn seine Vertretung hat.

Uebrigens ist nicht zu übersehen, dass es sich bei den Functionsstörungen des Cerebellum nirgends um eine wirkliche Aufhebung der Empfindungen handelt. Nur jene Empfindungseindrücke hören auf, welche direct auf die Regulirung der Bewegungen einwirken. Es bleiben aber erhalten sowohl die zusammengesetzten Bewegungen, welche von den gemischten Hirnganglien, den Vier- und Sehhügeln, unter der unmittelbaren Einwirkung der Sinneserregungen beherrscht werden, wie solche bewusste Empfindungen, welche nicht unmittelbar in Bewegungsantriebe sich umsetzen. Eben sowenig werden die willkürlichen Bewegungen an sich aufgehoben, da selbst nach vollständiger Zerstörung des Cerebellum der Wille noch über jeden einzelnen Muskel seine Herrschaft ausüben kann. Nur hierdurch wird es auch erklärlich, dass die Störungen nach Kleinhirnverletzungen allmälig sich ausgleichen können. Diese Ausgleichung geschieht, indem mittelst der fortdauernden Empfindungen allmälig die willkürlichen Bewegungen neu regulirt werden. Aber eine gewisse schwerfällige Unsicherheit bleibt immer zurück. Man sieht es den Bewegungen an, dass sie erst aus einer Ueberlegung hervorgehen müssen. Jene unmittelbare Sicherheit der Bewegungen, wie sie das unverletzte Thier besitzt, ist verloren. Auch hier kommt demnach das Princip der mehrfachen Vertretung der Körpertheile im Gehirn zur Geltung. Das kleine Gehirn ist der unmittelbaren Regulation der Willkürbewegungen durch die Empfindungseindrücke bestimmt. Es ist dasjenige Centralorgan, welches die von der Grosshirnrinde aus angeregten Bewegungen des thierischen Körpers in Einklang bringt mit der Lage desselben im Raume. Hierdurch aber wird es zu einem der wichtigsten Vermittlungsorgane mit der Aussenwelt.

Was uns die Anatomie über den Verlauf der in das kleine Gehirn ein- und der aus ihm austretenden Leitungswege gelehrt hat, scheint in zureichender Uebereinstimmung mit dieser Auffassung zu stehen. In den untern Kleinhirnstielen nimmt dieses Organ eine Vertretung der allgemeinen sensorischen Bahn auf, welche von Seiten des Sehnerven und der vordersten sensibeln Hirnnerven wahrscheinlich ergänzt wird durch Fasern, die im vordern Marksegel und in den Bindearmen verlaufen. Seine obere Verbindung aber geschieht hauptsächlich durch die Brückenarme, die mit dem Hirnschenkelfuss direct zu den vordern Theilen der Hirnrinde emporstreben. Eine besondere Erwägung erheischt nur noch die Verbindung

mit dem Hörnerven, deren unterer Theil in den dem Strickkörper sich anschliessenden Centralfasern des Acusticus liegt, während der obere, wie man vermuthet, in den oberen Kleinhirnstielen ebenfalls zu jenem vordern Theil der Grosshirnrinde verläuft, von welchem die motorische Innervation ausgeht. Es liegt nahe in dieser Anordnung einen Ausdruck für die eigenthümliche Beziehung der Gehörempfindungen zu den Bewegungen unseres eigenen Körpers zu sehen. Wenn das Kleinhirn überhaupt jene sensorische Zweigbahn ablenkt, welche Empfindungseindrücken entspricht, die von directem Einfluss auf unsere willkürlichen Bewegungen sind, so wird es begreiflich, dass derjenige Sinnesnerv, welcher objectiven Sinneseindrücken eine eminente Beziehung zur Bewegung gibt, in der nämlichen Bahn vertreten ist. Aber wir werden den Satz vielleicht richtiger umkehren: weil centrale Acusticusfasern denselben Verlauf nehmen, der im übrigen denjenigen sensorischen Fasern zugewiesen ist, welche die Bewegungen nach der Stellung unseres Körpers im Raum reguliren, so muss den Gehöreindrücken ein ähnlicher Einfluss auf die von der Grosshirnrinde aus erfolgenden Bewegungsantriebe zukommen. Solcher Einfluss gibt sich in der That bekanntlich darin kund, dass rhythmischen Gehöreindrücken unwillkürlich unsere Bewegungen in entsprechendem Rhythmus sich anschliessen. Aber für die Schallreize kann ebenso wenig wie für die übrigen Sinnesreize, welche das Maass und die Ordnung unserer Bewegungen beeinflussen, der Weg über das Kleinhirn der einzige sein, der sie zur Grosshirnrinde emporführt, da umfangreiche Zerstörungen jenes Organs beim Menschen und bei Thieren ohne Beeinträchtigung der Schallperception beobachtet sind. Auch hier wird also nur der unmittelbar die Bewegungen bestimmende Einfluss der Schalleindrücke in der über das Cerebellum gehenden Bahn seine Vertretung finden.

Die zuletzt erörterten Beziehungen führen uns zur physiologischen Betrachtung der Grosshirnhemisphären.

Längst haben sowohl physiologische Versuche wie pathologische Beobachtungen gezeigt, dass örtlich beschränkte Zerstörungen der Hirnlappen sowie Reizungen derselben keine wahrnehmbare Veränderung der Functionen hervorbringen. Bei Thieren kann man die Hirnlappen schichtenweise bis zu einer beträchtlichen Tiefe abtragen, ohne dass weder Schmerzäusserungen noch Bewegungen entstehen, ja ohne dass nachher eine Störung zu sehen ist. Höchstens, wenn die Abtragung in weitem Umfange geschah, erscheinen die Thiere schwerfälliger, stumpfsinniger; aber auch diese Veränderung schwindet gewöhnlich bald wieder Eine Taube, der man den einen

Grosshirnlappen völlig oder von beiden ansehnliche Stücke entfernt hat, ist nach Tagen oder Wochen in nichts mehr von einem völlig gesunden Thier zu unterscheiden. Je entwickelter das Grosshirn ist, um so mehr schwindet allerdings diese scheinbare Indifferenz gegen seine Misshandlungen. Bei Kaninchen und noch mehr bei Hunden ist der Stumpfsinn, die allgemeine Trägheit der Bewegungen schon viel deutlicher als bei Vögeln, und beim Menschen hat man zwar örtlich beschränkte Texturveränderungen, namentlich wenn sie allmälig entstanden, ebenfalls symptomlos verlaufen sehen, aber irgend ausgebreitetere Verletzungen sind hier meistens von Störungen der willkürlichen Bewegung, seltener von solchen der Sinne oder der psychischen Functionen begleitet[1]. Was die letzteren betrifft, so scheinen dieselben bleibend nur in solchen Fällen alterirt zu sein, wo die Rinde beider Grosshirnlappen in umfangreicherem Maasse verändert ist. Totale Zerstörung e i n e s Grosshirnlappens hat man beim Menschen mehrfach ohne nachweisbare Störung der Intelligenz beobachtet[2]. Alle diese Erscheinungen deuten mit Bestimmtheit darauf hin, dass die verschiedenen Theile der Grosshirnrinde in höherem Grade als die Elemente der andern Centralgebilde stellvertretend für einander functioniren können. Namentlich erklärt sich auf diese Weise die durchgehends zu beobachtende Erscheinung, dass die anfänglich bestehenden Störungen allmälig mehr oder weniger vollständig sich ausgleichen[3].

Tiefer greifende Störungen beobachtet man, wenn beide Grosshirnlappen vollständig aus der Schädelhöhle entfernt werden. Vögel oder Kaninchen, bei denen diese Operation ausgeführt ist, bleiben in aufrechter

---

[1]) Vgl. die Fälle bei Longet (Anat. und Physiol. des Nervensystems I, S. 542 f.) und Ladame (Hirngeschwülste S. 186 f.); ausserdem s. Wunderlich, Pathologie und Therapie, 2te Aufl. III, 1, S. 550 f., Hasse, Krankheiten des Nervensystems, S. 572. Bei Beurtheilung der Beobachtungen ist nicht zu vergessen, dass Vivisectionen häufig durch Blutungen einen Druck auf die Theile der Hirnbasis herbeiführen, während in den Fällen wo Tumoren der Hirnlappen beim Menschen sich ausbilden solche allmälig in Folge ihres Wachsthums auf umgebende Theile wirken. Im allgemeinen hat man daher anzunehmen, dass bei den Vivisectionen die Anfangs-, bei den pathologischen Beobachtungen die Endsymptome durch Affectionen anderweitiger Gebilde getrübt sind.

[2]) Longet, Anatomie u. Physiol. des Nervens. I, S. 539.

[3]) Solche Ausgleichungen kommen naturgemäss hauptsächlich bei Vivisectionen zur Beobachtung, da in pathologischen Fällen die anatomische Störung sich weiter auszubreiten pflegt. Zuweilen folgt aber auch hier bei Tumoren der Grosshirnlappen heftigeren Anfangssymptomen eine längere Wiederkehr des normalen Zustandes. Zwei Fälle dieser Art hat Hasse beobachtet (Nervenkrankheiten, S. 572) Bei gewissen Functionen, deren Substrate vorzugsweise in e i n e r Grosshirnhälfte zur Wirkung gelangen, scheinen allmälig die entsprechenden Gebilde der andern Seite vicariirend einzutreten: so bei der Zerstörung des Sprachfeldes (s. unten). Ueber die Restitution der Functionen nach Abtragung der Grosshirnlappen bei Vögeln vgl. Flourens (a. a. O. S. 92) und Voit (Sitzungsber. der bair. Akademie. Juni 1868. S. 105). Voit hatte bei seinen Versuchen das Grosshirn sogar möglichst vollständig entfernt. Trotzdem unterschieden sich die Tauben nach einigen Monaten von gesunden scheinbar nur dadurch, dass sie spontan keine Nahrung aufnahmen. In e i n e m Fall schien eine theilweise Regeneration der Grosshirnhälften von dem gebliebenen Reste aus eingetreten zu sein.

Haltung stehen oder sitzen. In Folge sensibler Reize können sie zu Fluchtbewegungen angetrieben werden, aber spontan verlassen sie ihren Platz nicht; ebenso nehmen sie keine Nahrung mehr zu sich. Bei künstlicher Fütterung können sie Monate lang am Leben erhalten werden, ohne dass sich in diesem Zustande etwas änderte[1]). Hier also ist, da die Möglichkeit der Stellvertretung fehlt, auch eine Wiederkehr der Function nicht möglich[2]. Man hat aus diesen Beobachtungen geschlossen, dass bei den ihrer Grosshirnhemisphären beraubten Thieren Intelligenz und Wille verloren seien. In der That wird damit wohl der Zustand der Thiere ziemlich treffend bezeichnet, nur muss man sich gegenwärtig halten, dass hierin keine Erklärung, sondern höchstens eine abgekürzte Beschreibung jenes Zustandes liegt. Alle Bewegungen, ausser denen, die durch unmittelbar einwirkende Sinnesreize ausgelöst werden, sind aufgehoben. Nichts deutet ferner an, dass die Thiere früher gehabte Sinnesvorstellungen mit den gegenwärtigen Eindrücken verknüpfen und sich darnach in ihren Handlungen richten. Damit stehen auch die Beobachtungen am Menschen in Einklang, einerseits die tiefe Depression des geistigen Zustandes bei umfangreichen Zerstörungen der Hirnlappen, anderseits die schon früher hervorgehobene Thatsache, dass bei allen dauernderen Formen geistiger Störung anatomische Veränderungen der Grosshirnrinde sich nachweisen lassen.

Da aus der Vivisection sowohl wie aus der pathologischen Beobachtung mehr als jenes allgemeine Resultat sich nicht ableiten lässt, so liegt es nahe nach einer Vervollständigung desselben aus andern Quellen zu suchen. Hier kann nun theils die vergleichende Anatomie, theils die vergleichende Untersuchung der individuellen Unterschiede des menschlichen Hirnbaus zu Rathe gezogen werden. Die erstere hat aber aus denselben Gründen wie die Vivisection nur ein sehr allgemeines Resultat ergeben. Wir können zwar ungefähr abschätzen, ob eine bestimmte Species intelligenter sei als eine andere. Doch nur selten sind wir im Stande zu erkennen, dass gewisse Geistesfähigkeiten besonders ausgeprägt sind: und wo dies der Fall ist, da handelt es sich durchweg um Fähigkeiten so complicirter Art, dass nur die roheste Auffassung der physiologischen Hirnfunctionen daran denken konnte solche Eigenschaften unmittelbar in der Ausbildung bestimmter Hirntheile sich äussern zu sehen. So blieb man denn bei dem vagen Ergebnisse stehen, dass die Masse der Grosshirnlappen und namentlich ihre Oberflächenentfaltung durch Furchen

---

[1] Flourens, S. 28, 80.

[2] Bei den oben citirten Versuchen von Voit beruhte, wie schon angedeutet, die theilweise Restitution zweifelsohne darauf, dass ein Rest der Hirnlappen nicht entfernt wurde.

und Windungen mit steigender Intelligenz zunimmt. Dieser Satz wird aber sogleich wesentlich durch die Bedingung eingeschränkt, dass beide Momente, Masse und Faltung der Oberfläche, in erster Linie von der Körpergrösse der Thiere abhängig sind. Bei den grössten Thieren sind die Hemisphären absolut, bei den kleinsten relativ, d. h. im Verhältniss zum Körpergewicht, grösser, und die Faltungen der Oberfläche nehmen mit der Gehirngrösse zu: alle sehr grossen Thiere haben daher gefurchte, die sehr kleinen in der Regel glatte Hirnlappen [1]. Ausserdem ist die Organisation von wesentlichem Einflusse. Unter den auf dem Lande lebenden Säugethieren haben die Insectivoren das windungsärmste, die Herbivoren das windungsreichste Gehirn, in der Mitte stehen die Carnivoren; die meerbewohnenden Säugethiere gehen, obgleich sie Fleischfresser sind, den Herbivoren voran. So kommt es, dass der oben aufgestellte Satz überhaupt nur in doppelter Beziehung Gültigkeit beanspruchen kann: erstens bei der weitesten Vergleichung der Gehirnentwicklung im Wirbelthierreich, wo aber das Ergebniss von verhältnissmässig geringem Werth ist, weil neben der Intelligenz noch viele rein physiologische Functionen, Ortsbewegungen, Sinnesthätigkeiten, vollkommener werden, und zweitens umgekehrt bei der engsten Vergleichung von Thieren verwandter Organisation und ähnlicher Körpergrösse. Im letzteren Fall ist eigentlich allein das Resultat ein schlagendes. Vergleicht man z. B. die Gehirne verschiedener Hunderassen oder der menschenähnlichen Affen und des Menschen, so kann kein Zweifel sein, dass die intelligenteren Rassen oder Arten grössere und windungsreichere Hemisphären besitzen. Weitaus am bedeutendsten ist dieser Unterschied zwischen dem Menschen und den übrigen Primaten [2].

Dies führt uns unmittelbar zur zweiten der oben namhaft gemachten Quellen, zur Vergleichung der individuellen Unterschiede des menschlichen Hirnbaus. Wenn die Masse und Oberflächenfaltung des Gehirns zu einem um so sichereren Maass der Intelligenz werden, je näher sich die der Vergleichung unterworfenen Formen stehen, so wird man erwarten dürfen, dass dies im höchsten Grade der Fall sein werde bei Individuen der nämlichen

---

[1] Leuret et Gratiolet, anatomie comparée du système nerveux, II, p. 290.

[2] Huschke fand das durchschnittliche Gewicht des männlichen Gehirns germanischer Rasse im Alter zwischen 30 und 40 Jahren = 1424, des weiblichen Gehirns = 1273 Grm. (Schädel, Hirn und Seele, S. 60). Bei den tiefer stehenden Menschenrassen scheint das Hirn an Gewicht kleiner und namentlich an Windungen ärmer zu sein; doch fehlt es darüber an zureichenden Bestimmungen (ebend. S. 73). Sicherer sind in dieser Beziehung die Messungen der Schädelkapacität, welche auf das Hirnvolum zurückschliessen lassen. (Huschke S. 48 f. Broca, mémoires d'anthropologie. Paris 1871, p. 191.) Ueber das Verhältniss der einzelnen Hirntheile zu einander beim Menschen und bei verschiedenen Thieren vgl. Huschke a. a. O. S. 93 f. H. Wagner (Maassbestimmungen der Oberfläche des grossen Gehirns. Cassel und Göttingen, 1864, S. 35, 39) fand die Gesammtoberfläche des Gehirns beim Menschen 2196—1877, beim Orang 533,5 □Cm. Das Gewicht des letzteren Gehirns betrug 79,7 Grm.

Species. In der That ist es nun für den Menschen durch die Beobachtung zweifellos erwiesen, dass Individuen von hervorragender Begabung grosse und windungsreiche Hemisphären besitzen[1]. Das physiologische Verständniss der Hirnfunctionen wird freilich auch durch dieses Ergebniss nicht viel gefördert. So liegt denn die Frage nahe, ob nicht eine Beziehung der Massen- und Oberflächenentwicklung der einzelnen Theile der Hirnlappen zu bestimmten Richtungen der Intelligenz sich nachweisen lasse. Die Phrenologie, welche aus dem Bestreben einen solchen Nachweis zu führen hervorgieng, ist ebensowohl an der Kritiklosigkeit ihrer Methode wie an der Mangelhaftigkeit ihrer physiologischen und psychologischen Vorbegriffe gescheitert. Die Phrenologen sahen die geistigen Functionen als Verrichtungen einer Anzahl innerer Sinne an, welchen sie in ähnlicher Weise ihre besonderen Organe anwiesen, wie jeder der äusseren Sinne sein eigenes Organ besitzt. Um die Untersuchung dieser Organe am lebenden Menschen möglich zu machen, beliebte es ihnen, dieselben alle an die Oberfläche des Gehirns zu verlegen und einen Parallelismus der Schädel- und Hirnform vorauszusetzen, welcher nachweislich nicht existirt. Indem man der psychologischen Begriffszersplitterung der Phrenologie gegenüber auf die Einheit und Untheilbarkeit der Intelligenz hinwies, lag es nahe anzunehmen, dass auch das Organ derselben ein untheilbares sei. Diese Vorstellung ist bis jetzt in der Physiologie die herrschende geblieben. Ihr schienen die physiologischen Beobachtungen vollständig zu entsprechen, da dieselben im allgemeinen lehrten, dass die theilweise Wegnahme der Hirnlappen nur die geistigen Functionen im Ganzen schwächt, nicht etwa, wie nach den Sätzen der Phrenologie erwartet werden müsste, einzelne Seelenvermögen beseitigt und andere unversehrt lässt.

Nichts desto weniger beruht offenbar auch diese Vorstellung auf einer unklaren Auffassung der physiologischen Beziehungen des Gehirns zum ge-

---

[1] Der obige Satz wurde von GALL aufgestellt (GALL et SPURZHEIM, anatomie et physiol. du système nerveux II, p. 251) und dann von TIEDEMANN bestätigt (das Hirn des Negers mit dem des Europäers und Orang-Utangs verglichen. Heidelberg 1837, S. 9). R. WAGNER, dem man die wissenschaftliche Verwerthung mehrerer Gehirne hervorragender Männer (GAUSS, DIRICHLET, C. Fr. HERMANN u. a.) verdankt, widersprach demselben. Göttinger gel. Anz. 1860, S. 65. Vorstudien zu einer wissenschaftl. Morphologie und Physiologie des Gehirns. Göttingen 1860, S. 33. C. VOGT (Vorlesungen über den Menschen, I, S. 98) hat aber mit Recht darauf hingewiesen, dass WAGNER's eigene Zahlen für jenen Satz eintreten, wenn man aus denselben diejenigen Beispiele herausgreift, welche wirklich Individuen von unzweifelhaft hervorragender Begabung betreffen. Zum selben Resultat ist auch BROCA gekommen (mémoires d'anthropologie, p. 133). Uebrigens bedarf es kaum der Bemerkung, dass auch hier die sonstigen Factoren, die Rasse, Körpergrösse, Alter, Geschlecht, in Rücksicht gezogen werden müssen. Ein normales Hottentottengehirn würde, hat schon GRATIOLET bemerkt, im Schädel eines Europäers Idiotismus bedeuten. Ausserdem ist die Oberflächenfaltung, namentlich die der Stirnlappen, offenbar von wesentlicherer Bedeutung als das Volum oder Gewicht des Gehirns. (H. WAGNER, a. a. O., S. 36.)

sammten Organismus. Sie konnte nur so lange die Herrschaft behaupten, als man von den Structurverhältnissen des Gehirns lediglich keine Notiz nahm, und musste weichen, sobald die Anatomie zur Einsicht geführt hatte, dass alle Körpertheile im Gehirn und zwar schliesslich in der Grosshirnrinde vertreten sind. Es ist daher bezeichnend, dass die Gehirnanatomen immer wieder zu Vorstellungen zurückkehrten, die den Ansichten der Phrenologie verwandt waren, während in der Physiologie noch unbestritten der Satz von der untheilbaren Function der Grosshirnlappen gültig blieb. Freilich verfielen jene Vorstellungen, abgesehen von ihrer ganz und gar hypothetischen Natur, immer wieder in den Fehler, dass sie entweder theils den inneren Sinnen der Phrenologen, theils den Vermögen der Psychologen ihre abgegrenzten Organe im Gehirn anzuweisen suchten. Dieser Ansicht liegt aber eine Annahme zu Grunde, auf deren Widerlegung die ganze neuere Nervenphysiologie gerichtet ist, die Annahme nämlich von der *specifischen Function der nervösen Elementartheile*. Die ältere Nervenphysiologie hatte eine solche in beschränkterer Bedeutung zugelassen, indem sie den Satz von der *specifischen Energie der Nerven* aufstellte, welcher besagte, dass jeder Nerv entweder motorisch oder sensibel sei und im letztern Fall in einer der fünf Sinnesqualitäten (Gesicht, Gehör, Geruch, Geschmack, Gefühl) auf Reize reagire. Hier war doch mit der specifischen Energie immer noch ein klarer und einfacher Begriff verbunden. Sollten aber Farbensinn, Formensinn oder Verstand, Phantasie, Gedächtniss u. s. w. an verschiedene Elementartheile gebunden sein, so wurden nicht nur viel mannigfaltigere Functionen, sondern überdies solche vorausgesetzt, mit denen ein einfacher Begriff sich schlechterdings nicht mehr verbinden liess. Wir können uns vorstellen, dass eine bestimmte Nervenfaser oder eine bestimmte Ganglienzelle nur in der Form der Lichtempfindung oder des motorischen Impulses functionire, nicht aber, wie etwa gewisse centrale Elemente der Phantasie, andere dem Verstande dienen sollen. Augenscheinlich liegt hier der Widerspruch darin, dass man sich *complexe Functionen an einfache Gebilde* gebunden denkt. Wir müssen aber nothwendig annehmen, *dass elementare Gebilde auch nur elementarer Leistungen fähig sind.* Solche elementare Leistungen sind nun im Gebiet der centralen Functionen Empfindungen, Bewegungsanstösse, nicht Phantasie, Gedächtniss u. s. f. Dazu kommt, dass die Experimentalphysiologie der Lehre von der specifischen Energie selbst in jener einfacheren Form, in der ihr innere Unwahrscheinlichkeit nicht vorgeworfen werden kann, den Boden entzogen hat. Die morphologische Aehnlichkeit aller Nerven, die vollständige Gleichheit ihrer physikalischen und chemischen Eigenschaften musste schon zu der Ansicht führen, dass die Verschiedenheit ihrer Leistung lediglich in den

Stätten ihrer peripherischen und centralen Endigung, nicht aber in specifischen Eigenschaften der Nerven selbst ihren Grund habe. Bestätigt wurde dies durch Versuche, in denen man die Durchschnittsenden verschiedenartiger Nerven mit einander verheilte, und wo es nun gelang durch Reizung eines sensibeln Nerven directe Muskelzuckung, durch Reizung eines motorischen Empfindung hervorzubringen [1]. Was für die peripherischen Nervenfasern erwiesen ist, wird man wohl auch auf die centralen ausdehnen müssen, und so blieben denn nur noch die Ganglienzellen als solche Elementartheile übrig, denen möglicher Weise specifische Unterschiede zukommen könnten. Aber auch hier begegnet uns wieder der Umstand, dass ausser in Grösse und Form und etwa in der Ursprungsart ihrer Fortsätze die Ganglienzellen keine Unterschiede darbieten; vollends in der Grosshirnrinde sind sie überall, von unbedeutenden Differenzen abgesehen, im wesentlichen in der gleichen Weise angeordnet. Es lässt sich also nicht verkennen, dass auch die specifische Function der Ganglienzellen, sofern man diese von der inneren Structur, nicht von den äusseren Verbindungen der Zellen abhängig sein lässt, mindestens höchst zweifelhaft geworden ist. Wie es sich aber auch in dieser Beziehung verhalten möge: dass hier gleichfalls das einzelne Element nur zu elementaren Functionen befähigt ist, folgt schon aus der erfahrungsmässigen Gültigkeit dieses Satzes für die Nervenfasern, deren Ursprungs- oder Endpunkte die Zellen sind. Im allgemeinen wird es also zwei Classen von Zellen der Hirnrinde geben: solche, die von aussen kommende Eindrücke aufnehmen (sensorische Zellen), und solche, von denen Bewegungsimpulse ausgehen (motorische Zellen) [2]. Da Bewegungen im allgemeinen eine Reaction auf Empfindungen sind, so werden Verbindungswege zwischen beiderlei Zellen anzunehmen sein, den verschiedenen sensorischen und motorischen Gebieten aber werden von einander abgegrenzte Theile der Hirnrinde entsprechen, weil wir im allgemeinen bis in die Hirnrinde die einzelnen sensorischen und motorischen Faserbündel einen geschiedenen Verlauf nehmen sehen. Wie die Grosshirnrinde die von der Körperperipherie in die Centralorgane aufsteigenden Bahnen aufnimmt, so muss sie auch in gewissem Sinne ein Spiegelbild jener Körperperipherie sein. Desshalb braucht aber das Spiegelbild dem Urbilde nicht vollständig zu entsprechen. Es kann einfacher und verwickelter sein, und in gewissem Sinn ist wohl beides der Fall. Einfacher ist

[1] Philipeaux und Vulpian durchschnitten z. B. beim Hunde den Halsstamm des Vagus sowie den in der Nähe liegenden Hypoglossus, und es gelang ihnen den centralen Vagusstumpf mit dem peripherischen Hypoglossusstumpf zusammenzuheilen. Als dann der Vagus höher oben gereizt wurde, traten Bewegungen in der betreffenden Zungenhälfte ein. (Journal de la physiologie VI, p. 421, 474.)

[2] Wir nehmen hier den Ausdruck sensorisch und motorisch natürlich wieder im weitesten Sinne. Vergl. S. 104.

es insofern, als je ein Punkt der Hirnrinde ein empfindendes oder motorisches Gebiet von gewisser Ausdehnung beherrschen kann; verwickelter ist es, weil jedes peripherische Gebiet nicht einfach, sondern mehrfach in der Grosshirnrinde vertreten ist. Es existirt also hier gleichsam ein vervielfältigtes Spiegelbild, von dem jeder Theil seine besondere Bedeutung oder Beziehung hat.

Die experimentelle Physiologie und Pathologie vermag für diese neue Auffassung der Grosshirnfunctionen bis jetzt allerdings nur wenige Beweisgründe beizubringen, aber die wenigen sind entscheidend. Wir haben schon im vorigen Capitel gesehen, dass von bestimmten Theilen der Grosshirnrinde aus beschränkte Muskelerregungen hervorgebracht werden können (S. 168). Diese Thatsache beseitigt nicht nur den Satz von der Wirkungslosigkeit der Reize, sondern sie weist speciell einzelne Rindenpartieen als einfach motorische auf. Sind dies, wie man wohl vermuthen darf, solche Rindentheile, in denen die directe Bahn motorischer Fasern endigt, so werden an den nicht reizbaren Stellen theils sensorische Elemente, theils solche, die Centralfasern der Hirnganglien aufnehmen, gelegen sein.

Von diesem Standpunkte aus lässt nun auch den Unterschieden des Hirnbaues in dem Thierreiche ein besseres Verständniss sich abgewinnen. Da die vordern Theile der Hirnrinde diejenigen Elemente enthalten, von welchen die directe motorische Innervation ausgeht, nebst den Zwischenelementen, welche die Verbindung der ersteren mit dem Kleinhirn, mit den Hirnganglien sowie wahrscheinlich mit den vorzugsweise das Occipitalhirn einnehmenden sensorischen Elementen vermittelt, so ist es offenbar das Vorderhirn, in welchem sich die bedeutsamste Function der Grosshirnrinde concentrirt, Empfindungseindrücke, nachdem sie kürzere oder längere Zeit latent geblieben, in ausserordentlich zusammengesetzte und vielgestaltige Bewegungen umzusetzen. Indem nun alles, was wir Wille und Intelligenz nennen, sobald es bis zu seinen physiologischen Elementarphänomenen zurückverfolgt wird, in lauter solche Umsetzungen sich auflöst, werden wir demnach vorzugsweise zwischen der Entwicklung des Vorderhirns und der Entwicklung der Geistesfunctionen eine Beziehung erwarten dürfen. In der That lässt sich dies bis zum Menschen herauf durchweg bestätigen. Mit der zunehmenden Präponderanz des Vorderhirns ist stets zugleich grösserer Windungsreichthum und asymmetrische Bildung seiner beiden Seitenhälften verbunden[1]. So scheint denn auch beim

[1] Die grössere Asymmetrie der Furchen am Vorderhirn gegenüber dem Hinterhirn lässt sich wegen der einfacheren Beschaffenheit derselben deutlicher am Gehirn der anthropoiden Affen (Orang, Chimpanze), sowie des menschlichen Fötus als an demjenigen des erwachsenen Menschen erkennen. Dass nach GRATIOLET diese Asymmetrie insgemein mit einer stärkeren Ausbildung der linkseitigen Furchen verbunden ist, wurde schon früher (S. 172) bemerkt.

Menschen vorzugsweise die Faltung des Vorderhirns ein Zeichen hervorragender Geisteskräfte zu sein [1]), und jene pathologischen Rückbildungen des Gehirns, welche die Herabsetzung der Intelligenz und des Willens im paralytischen Blödsinn begleiten, treffen vorzugsweise die Stirnlappen [2]. Auch die weit umfangreichere Entwicklung, die bei den meisten Säugethieren die centrale Vertretung der Riechnerven gegenüber dem Menschen und den übrigen Primaten besitzt, kann hier herbeigezogen werden. Den dadurch bedingten Unterschieden im Gehirnbau gehen jedenfalls entsprechende Unterschiede der Vorstellungen parallel, die sich aber, eben weil beim Menschen jene Theile wenig entwickelt sind, fast ganz unserer Schätzung entziehen.

Diesen anatomischen und physiologischen Ergebnissen tritt eine wichtige Reihe pathologischer Beobachtungen zur Seite, durch welche für eine Gruppe von Bewegungen, für die Sprache, das motorische Centrum ebenfalls in einen bestimmten Theil des Vorderhirns, nämlich in die nach vorn von der Sylvischen Spalte und in der Tiefe derselben gelegenen Rindengebiete verlegt wird. Namentlich das hintere Dritttheil der unteren Frontalwindung sowie der Insellappen scheinen diesem Gebiete zuzugehören. In zahlreichen Fällen hat die Beobachtung gezeigt, dass dem Symptomenbild der Aphasie, des aufgehobenen oder gestörten Sprachvermögens, Blutergüsse, Erweichungen oder andere anatomische Veränderungen der angegebenen Theile zu Grunde liegen [3]. Bei der eigentlichen Aphasie sind zweierlei Fälle zu unter-

---

[1] H. Wagner (a. a. O. S. 36) fand für die relative Oberflächenentwicklung der einzelnen Hirnlappen folgende Zahlen, welche die Oberfläche eines jeden Lappens in Procenten der Gesammtoberfläche ausdrücken:

	Stirnlappen.	Scheitellappen.	Hinterhauptslappen.	Schläfelappen.
Gehirn von Gauss	40,8	20,7	17.4	20,0
Gehirn eines Handwerkers	38.8	21.4	17.3	21.2

Uebrigens sind diese Messungen zu klein an Zahl, um sichere Schlüsse zuzulassen. Auch kommen die Geschlechtsunterschiede in Betracht. Am weiblichen Gehirn, dessen sämmtliche Theile an Volum und Oberfläche kleiner sind, scheint vorzugsweise der Hinterhauptslappen schwächer entwickelt. H. Wagner fand daher für ein Frauengehirn ähnliche Proportionalzahlen wie für das Gehirn von Gauss.

[2] Meynert, Vierteljahrsschrift f. Psychiatrie. 1867. S. 166.

[3] Auszuschliessen von der eigentlichen Aphasie sind jene Fälle, in denen das Vermögen zu sprechen durch pathologische Veränderungen peripherischer Nerven oder niederer Centraltheile, z. B. des Hypoglossuskerns, verloren gieng. Hier ist die vom Grosshirn ausgehende motorische Innervation ungestört, aber die bei den Sprachbewegungen mitwirkenden Muskeln können nicht mehr functioniren. Bei der eigentlichen Aphasie können alle Bewegungen in der richtigen Weise ausgeführt werden, nur die vom Grosshirn ausgehenden Impulse fallen hinweg oder kommen in unrichtiger Weise zur Wirkung. Der localisirte Sitz des Sprachvermögens schliesst übrigens nicht aus, dass nicht auch bei Degenerationen anderer Hirntheile Erscheinungen beobachtet werden, die dem Bilde der Aphasie mehr oder weniger entsprechen. Dies wird immer eintreten, sobald solche Degeneration Markbündel trifft, die in den dem centralen Sprachorgan zugehörigen Theilen der Hirnrinde endigen.

scheiden, solche, in denen einfach die Möglichkeit fehlt, einem Begriff sein sprachliches Zeichen zu geben, und andere, in denen verschiedene Wörter mit einander verwechselt werden. Es existiren daher möglicher Weise zweierlei Sprachcentren, eines, in welchem die Auslösung der jeder Vorstellung zugehörenden Sprachinnervation durch die entsprechenden sensorischen Erregungen stattfindet, und ein anderes, in welchem die Sprachinnervation erst jene combinirten motorischen Erregungen in Gang bringt, welche die articulirten Sprachlaute unmittelbar erzeugen. Die Functionshemmung des ersten Centrums würde dem Verlust des Wortgedächtnisses, die des zweiten der verkehrten Wortbildung zu Grunde liegen[1]. An eine anatomische Trennung beider Centren kann nicht gedacht werden. Es lässt sich nur sagen, dass dieselben einander benachbart sein müssen, da man bei Erkrankungen des nämlichen Rindengebietes jeden dieser Fälle von Aphasie sowohl für sich als auch beide vereinigt beobachtet hat. Es wurde früher (S. 172) bemerkt, dass die Aphasie bei einseitigen, meist linkseitigen Gehirnveränderungen beobachtet wird. In den zahlreichen Fällen, in denen trotz der bleibenden anatomischen Veränderung das Uebel sich hebt oder vermindert, mag dann wohl vorzugsweise die bisher weniger thätige entgegengesetzte Hälfte die Stellvertretung übernehmen.

So bestätigt auch die physiologische und pathologische Beobachtung den Satz, dass überall, wo sich die Verrichtungen der Grosshirntheile in ihre elementaren Bestandtheile zergliedern lassen, auch nur elementare physiologische Functionen übrig bleiben. Denn so verwickelt die Sprachbewegungen auch sind, so setzen sie sich doch nothwendig aus einfachen motorischen Innervationen zusammen. An eine specifische Energie der einzelnen centralen Gebiete kann nicht mehr gedacht werden; ebenso wenig aber an ein untheilbares Eintreten der Hirnhemisphären für alle ihre Verrichtungen. Wie Intelligenz und Wille keine einfachen Grundkräfte sind, so sind auch die Grosshirnlappen keine einfachen Organe. Complexe Verrichtungen kommen überall durch ein Zusammenwirken vieler Elemente zu Stande, deren jedes für sich nur einfachster Leistungen fähig ist.

Wir haben bei der Zergliederung der Function sowohl der übrigen Hirntheile wie des Rückenmarks uns schon überzeugt, dass die zuletzt entwickelten Sätze auch für sie ihre Gültigkeit besitzen. Als Schlussergebniss dieser ganzen physiologischen Untersuchung lassen sich daher die folgenden vier Principien aufstellen:

---

[1] Die erste Form der Aphasie hat man als amnemonische, die zweite als ataktische bezeichnet. OGLE, med. times and gaz. Dec. 1867, p. 706.

1) Das Princip der Verbindung der Elementartheile: Jedes Nervenelement ist mit andern Nervenelementen verbunden und wird erst in dieser Verbindung zu physiologischen Functionen befähigt.

2) Das Princip der Indifferenz der Function: Kein Element vollbringt specifische Leistungen, sondern die Form seiner Function ist von seinen Verbindungen und Beziehungen abhängig.

3) Das Princip der stellvertretenden Function: Für Elemente, deren Function gehemmt oder aufgehoben ist, können andere die Stellvertretung übernehmen, sofern sich dieselben in den geeigneten Verbindungen befinden.

4) Das Princip der localisirten Function: Jede bestimmte Function hat einen bestimmten Ort im Centralorgan, von welchem sie ausgeht, d. h. dessen Elemente in den zur Ausführung der Function geeigneten Verbindungen stehen.

Der dritte dieser Sätze hängt mit dem zweiten unmittelbar zusammen, da die Stellvertretung offenbar erst möglich wird durch die Indifferenz der Function. Der vierte aber wird durch den dritten einigermaassen limitirt, insofern eine Function, sobald Stellvertretungen stattfinden, auch nicht mehr genau an denselben Ort gebunden bleibt.

Die Ansichten über die physiologische Function der Centraltheile giengen ursprünglich von der anatomischen Zergliederung aus. Man suchte nach einer Bedeutung der einzelnen Hirntheile, und da die Beobachtung hierfür keine Anhaltspunkte bot, so half die Phantasie aus. Die einzelnen Seelenvermögen, Perception, Gedächtniss, Einbildungskraft u. s. w., wurden willkürlich und von den verschiedenen Autoren natürlich in sehr verschiedener Weise localisirt[1]. Es ist hauptsächlich HALLER's Verdienst einer naturgemässeren Auffassung, welche sich an die physiologische Beobachtung anschloss, die Bahn gebrochen zu haben, eine Reform, die mit seiner Irritabilitätslehre nahe zusammenhängt. Die wesentliche Bedeutung der letzteren bestand darin, dass sie die Fähigkeiten der Empfindung und Bewegung auf verschiedenartige Gewebe, jene auf die Nerven, diese auf die Muskeln und andere contractile Elemente zurückführte[2]. Als die Quelle dieser Fähigkeiten betrachtete HALLER das Gehirn. Mit der Seele und den psychischen Functionen stehe dieses nur insofern in Beziehung, als es das sensorium commune oder der Ort sei, wo alle Sinnesthätigkeiten ausgeübt werden, und von dem alle Muskelbewegungen entspringen. Dieses sensorium erstrecke sich über die ganze Markmasse des grossen und kleinen Gehirns[3].

---

[1] Vergl. die Aufzählung bei HALLER, elementa physiologiae. Lausann. 1762. IV, p. 397.

[2] Siehe die historische Kritik der Irritabilitätslehre in meiner Lehre von der Muskelbewegung. Braunschweig 1858, S. 155.

[3] Elem. physiol. IV, p. 395.

Es sei zwar zweifellos, dass jeder Nerv von einem bestimmten Centraltheil seine physiologischen Eigenschaften empfange, dass also, wie auch die pathologische Beobachtung bezeuge, das Sehen, Hören, Schlucken u. s. w. irgendwo im Gehirn seinen Sitz habe, doch scheint es ihm nach den Ursprungsverhältnissen der Nerven, dass dieser Sitz nicht bestimmt begrenzt, sondern im allgemeinen über einen grösseren Theil des Gehirns ausgedehnt sei[1]. Den Commissurenfasern schreibt HALLER die Bedeutung zu, dass sie die stellvertretende Function gesunder für kranke Theile vermitteln, und die Unerregbarkeit des Hirnmarks leitet er davon ab, dass die Nervenfasern in dem Maasse ihre Empfindlichkeit verlieren, als sie im Hirnmark in zahlreiche Zweige sich spalten[2].

Der so gewonnene Standpunkt blieb der Physiologie unverloren. Aber die Bestrebungen nach einer physiologischen Localisirung der Geistesvermögen kehrten trotzdem fortwährend wieder, und wie früher giengen sie in der Regel von den Anatomen aus. Zu einem wirklichen System von dauerndem Einflusse wurde diese Lehre durch GALL erhoben, dessen Verdienste um die Erforschung des Gehirnbaues unbestreitbar sind[3]. Die durch GALL begründete Phrenologie[4] legt die Vorstellung zu Grunde, dass das Gehirn aus inneren Organen bestehe, welche den äusseren Sinnesorganen analog seien. Wie diese die Auffassung der Aussenwelt, so sollten jene gleichsam die Auffassung des inneren Menschen vermitteln. Die einzelnen im Gehirn localisirten Fähigkeiten werden daher auch geradezu innere Sinne genannt. GALL hat derselben 27 unterschieden[5], bei deren Bezeichnung er übrigens nach Bedürfniss die Ausdrücke Sinn, Instinkt, Talent und sogar Gedächtniss gebraucht. So unterscheidet er Ortssinn, Sprachsinn, Farbensinn, Instinkt der Fortpflanzung, der Selbstvertheidigung, poetisches Talent, esprit caustique, métaphysique, Sachgedächtniss, Wortgedächtniss u. s. w. Die gewöhnlich angenommenen Seelenvermögen, Perception, Verstand, Vernunft, Wille u. s. w., haben unter den phrenologischen Begriffen keine Stelle. Diese Grundkräfte der Seele sind nach GALL's Ansicht nicht localisirt, sondern sie sind gleichmässig bei der Function aller Gehirnorgane, ja selbst der äusseren Sinnesorgane wirksam. Jedes dieser Organe ist nach ihm eine „individuelle Intelligenz“[6]. Für die Analogie der Gehirnorgane mit den Sinnesorganen entnimmt GALL ein Argument aus seinen anatomischen Untersuchungen. Wie jeder Sinnesnerv ein Bündel von Nervenfasern, so sei das ganze Gehirn eine Vereinigung von Nervenbündeln[7].

---

[1] Ebend. p. 397.

[2] »Hypothesin esse video et fateor« fügt er vorsichtig hinzu. (Ebend. p. 399.)

[3] GALL et SPURZHEIM, anatomie et physiologie du système nerveux. Vol. I. Paris, 1810. Vgl. ferner: Untersuchungen über die Anatomie des Nervensystems, von denselben. Dem französ. Institut überreichtes Mémoire nebst dem Bericht der Commissäre. Paris und Strassburg 1809. Die beiden Hauptverdienste GALL's um die Gehirnanatomie bestehen darin, dass er die Zergliederung des Gehirns von unten nach oben einführte, und dass er die durchgängige Faserung des Hirnmarkes nachwies.

[4] Das GALL'sche System ist ausführlich dargestellt in Bd. II—IV des oben citirten Werkes.

[5] SPURZHEIM hat sie auf 35 vermehrt. Vergl. COMBE, System der Phrenologie, deutsch von HIRSCHFELD. Braunschweig 1833, S. 101 f.

[6] Vol. IV, p. 341.

[7] Vol. I, p. 271. Vol. II, p. 372.

Bei der empirischen Begründung dieser Lehren wurde von GALL und seinen Nachfolgern dem Gehirn der Schädel substituirt: über die Ausbildung der einzelnen Organe sollte die Schädelform Auskunft geben. Daher das Bestreben jene möglichst an die Oberfläche des Gehirns zu verlegen. Schon hierin tritt eine Tendenz, die Beobachtungen vorausgefassten Meinungen anzubequemen, zu Tage, welche sich in allen Einzeluntersuchungen wiederholt und die angeblichen Resultate derselben völlig werthlos macht. Aber hiervon abgesehen bildeten die wahrhaft ungeheuerlichen psychologischen und physiologischen Grundvorstellungen der phrenologischen Lehren einen bedenklichen Rückschritt gegenüber dem weit geklärteren Standpunkt, den HALLER eingenommen. Während dieser das richtige Princip bereits ahnt, dass in den Centralorganen die peripherischen Organe des Körpers vertreten sein müssen, machen die Phrenologen das Gehirn zu einem für sich bestehenden Complex von Organen, für welche sie specifische Energieen der verwickeltsten Art voraussetzen. Alle Fehler der psychologischen Vermögenstheorie verschwinden gegen diese gedankenlose Aufzählung der complicirtesten Fähigkeiten, deren jede einer einzelnen Nervenfaser oder einem bestimmten Faserbündel zugeschrieben wird. Trotz dieser offenliegenden Schwächen erfreute sich das phrenologische System eines Beifalls, der ihm eine auffallende Berücksichtigung in der wissenschaftlichen Literatur zu Theile werden liess. So ist LEURET's vergleichende Anatomie des Nervensystems hauptsächlich von der Tendenz einer Widerlegung der phrenologischen Lehren durchdrungen[1].

Von jetzt ab giengen auf lange Zeit die anatomische und die physiologische Untersuchung gesonderte Wege. Die deutschen Anatomen kehrten im allgemeinen zu den Vorstellungen HALLER's zurück, waren aber gleichzeitig beeinflusst von der SCHELLING'schen Naturphilosophie: so namentlich CARUS[2] und der um die Morphologie des Gehirns hochverdiente BURDACH[3]. Die Physiologie der Centraltheile wurde um dieselbe Zeit von den französischen Experimentatoren, namentlich von MAGENDIE und FLOURENS, neu begründet. In den Vorstellungen, welche diese Forscher über die Bedeutung der Centraltheile entwickelten, lässt sich eine Reaction gegen die phrenologischen Ansichten nicht verkennen. Bei MAGENDIE machte sich dieselbe zunächst darin geltend, dass er seine Erklärungen strenge den beobachteten Thatsachen anpasste[4]. Er sah nach der Ausrottung der Streifenhügel die Thiere nach vorwärts fliehen: so nahm er denn in ihnen eine die Vorwärtsbewegung hemmende Kraft an. Nach Schnitten in das Kleinhirn beobachtete er eine Neigung rückwärts zu fallen: hier sollte nun umgekehrt eine vorwärts treibende Kraft ihren Sitz haben. Ebenso leitete er die Reitbahnbewegungen bei Hirnschenkelverletzungen aus dem aufgehobenen Gleichgewicht rechts- und linksdrehender Kräfte her. FLOURENS verband mit derselben

---

[1] LEURET, anatomie comparée du système nerveux, tome I. Eine kleinere durchweg treffende Kritik der Phrenologie hat FLOURENS geliefert: examen de la phrénologie. Paris 1842.

[2] C. G. CARUS, Versuch einer Darstellung des Nervensystems und insbesondere des Gehirns. Leipzig 1814. Später hat sich dieser Autor einer gemässigtern phrenologischen Anschauung zugewandt und dieselbe in mehreren Werken vertreten. Grundzüge einer neuen Cranioskopie Stuttgart 1841. Neuer Atlas der Cranioskopie, 2te Aufl. Leipzig 1864. Symbolik der menschl. Gestalt, 2te Aufl., S. 121.

[3] BURDACH, vom Bau und Leben des Gehirns. Bd. 3. Leipzig 1826.

[4] MAGENDIE, leçons sur les fonctions du système nerveux. Paris 1839.

Treue der Beobachtung klarere psychologische Begriffe. Seine Untersuchungen erstreckten sich hauptsächlich auf das verlängerte Mark, die Vierhügel, das klein und grosse Gehirn. Das erstere bestimmte er als das Centrum der Herz- und Athembewegungen, die Vierhügel als Centralorgane für den Gesichtssinn, das Cerebellum als den Coordinator der willkürlichen Bewegungen, die Grosshirnlappen als den Sitz der Intelligenz und des Willens [1]. Aber diese Theile verhielten sich, wie er fand, zu den von ihnen abhängigen Functionen verschieden. Die centralen Eigenschaften des verl. Marks sah er auf einen kleinen Raum, seinen noeud vital, beschränkt, dessen Zerstörung augenblicklich das Leben vernichte. Die höheren Centraltheile dagegen treten mit ihrer ganzen Masse gleichmässig für die ihnen zugewiesene Function ein. Dies schliesst er daraus, dass die Störungen, die durch theilweise Abtragung der Grosshirnlappen, des Kleinhirns oder der Vierhügel verursacht werden, im Laufe der Zeit sich ausgleichen. Der kleinste Theil dieser Organe kann demnach, so nimmt er an, für das Ganze functioniren. Hierdurch trat die Lehre FLOURENS' in scharfen Gegensatz zu den phrenologischen Vorstellungen, zugleich aber entsprach sie ziemlich getreu der Beobachtung. So kam es, dass sie bis in die neueste Zeit in der Physiologie die herrschende Anschauung blieb. Aber augenscheinlich kehren hier in psychologischer Beziehung ähnliche Schwierigkeiten wieder, wie sie sich der Organenlehre der Phrenologen entgegensetzen. Intelligenz und Wille sind complexe Fähigkeiten. Dass dieselben in jedem kleinsten Theil der Grosshirnlappen ihren Sitz haben sollen, ist im Grunde ebenso schwer begreiflich, als dass Sprachgedächtniss, Ortssinn u. s. w. irgendwo localisirt seien. Zudem bleibt es dunkel, welche Bedeutung den einzelnen Theilen, welche die anatomische Zergliederung der Hirnhemisphären unterscheiden lässt, zukommen soll, wenn diese sich in functioneller Beziehung etwa ebenso gleichartig verhalten wie die Leber. Ohne Zweifel hierdurch veranlasst kehrten die Anatomen, wo sie sich auf Speculationen über die Bedeutung der Gehirntheile einliessen, meistens zu der Vorstellung einer Localisation der geistigen Fähigkeiten zurück [2]. So kam es denn auch, dass die durch FLOURENS in die Wissenschaft eingeführten Ansichten hauptsächlich in Folge einer innigeren Verbindung der anatomischen und der physiologischen Beobachtung allmälig wankend wurden. Von entscheidendem Gewicht war hierbei einerseits die Untersuchung der Elementarstructur der Centralorgane, anderseits die Nachweisung der gleichförmigen physikalischen und physiologischen Eigenschaften der Nerven. Die so vorbereitete Wendung gehört der neuesten Zeit an. Die Grundanschauungen, zu denen sie führt, haben wir oben darzulegen und auf die Physiologie der einzelnen Centraltheile anzuwenden versucht.

---

[1] FLOURENS, recherches expér. sur les fonctions du système nerveux. 2me édi Paris 1842.

[2] Vergl. z. B. ARNOLD, Physiologie. I, S. 836. HUSCHKE, Schädel, Hirn und Seele. S. 174.

Sechstes Capitel.

Allgemeine physiologische Mechanik des Nervensystems.

Die Betrachtung der physiologischen Leistungen des Nervensystems hat uns zu dem Satze geführt, dass dieselben, von den complicirtesten Verrichtungen der Centralorgane an bis herab zur Empfindung und Muskelzuckung, auf einfachste Vorgänge zurückweisen, aus welchen erst vermöge der vielfachen Verbindung der Elementartheile die physiologischen Effecte hervorgehen. So erhebt sich denn schliesslich die Frage, wie jene bis jetzt unbekannten elementaren Functionen, die in ihrem Zusammenwirken so mannigfache und verwickelte Leistungen herbeiführen, beschaffen sind.

Die in der einzelnen Nervenfaser und Ganglienzelle wirksamen Vorgänge hat man auf zwei Wegen zu erkennen gesucht, von welchen wir den einen als den der inneren, den andern als den der äusseren Molecularmechanik des Nervensystems bezeichnen können. Die erstere geht von der Untersuchung der physikalischen und chemischen Eigenschaften der Nervenelemente aus, sie sucht die Veränderungen zu ermitteln, welche diese Eigenschaften in Folge der physiologischen Function erfahren, um auf solche Weise unmittelbar den inneren Kräften auf die Spur zu kommen, die bei den Vorgängen in den Nerven und Nervencentren wirksam sind. So verlockend es aber auch scheinen mag, diesen Weg zu verfolgen, da derselbe das eigentliche Wesen der Nervenfunctionen unmittelbar zu enthüllen verspricht, so ist derselbe doch gegenwärtig noch allzu weit von seinem Ziele entfernt, als dass wir es wagen möchten uns ihm anzuvertrauen. Die Untersuchung der Centraltheile ist noch gar nicht in Angriff genommen, und unser Wissen über die inneren Vorgänge in den peripherischen Nerven beschränkt sich im wesentlichen darauf, dass die Function derselben von elektrischen und chemischen Veränderungen begleitet wird, deren Bedeutung bis jetzt unklar geblieben ist. So steht uns denn nur noch der zweite Weg offen, derjenige der äusseren Molecularmechanik. Sie lässt die Frage nach der speciellen Natur der Nervenkräfte völlig bei Seite, indem sie lediglich von dem Satze ausgeht, dass die Vorgänge in den Elementartheilen des Nervensystems Bewegungsvorgänge irgend welcher Art sind, deren Zusammenhang unter sich und mit den äusseren Naturkräften durch die für alle Bewegung gültigen Principien der Mechanik be-

stimmt wird. Sie stellt sich also auf einen ähnlichen Standpunkt wie die allgemeine Theorie der Wärme in der heutigen Physik, wo man sich ebenfalls mit dem Satze begnügt, dass die Wärme eine Art der Bewegung ist, hieraus aber mit Hülfe der mechanischen Gesetze alle Erscheinungen in befriedigender Vollständigkeit ableitet. Damit der Molecularmechanik des Nervensystems das ähnliche gelinge, muss sie die Erscheinungen, welche die Basis ihrer Betrachtungen bilden, zunächst auf ihre einfachste Form bringen, indem sie die physiologische Function der nervösen Elemente erstens unter den einfachsten Bedingungen, die möglich sind, und zweitens, so weit dies geschehen kann, unter solchen Bedingungen, die im Experiment willkürlich beherrscht und variirt werden können, untersucht. Nun hat uns die Zergliederung der complexen physiologischen Leistungen bereits auf den Begriff des Reizes geführt. Als die allgemeinen Ursachen der nervösen Vorgänge haben wir theils innere Reize, gewisse, rasch sich vollziehende Veränderungen in der Beschaffenheit des Blutes und der Gewebsflüssigkeiten, theils äussere Reize, Eindrücke auf die Endigungen der Sinnesnerven, kennen gelernt. Wo es sich aber um die Aufgabe handelt, Reize von gegebener Stärke und Dauer auf die Nervenelemente wirken zu lassen, da können in der Regel die natürlichen inneren und äussern Reize, da sich dieselben unserer experimentellen Beherrschung fast ganz entziehen, nicht zur Anwendung kommen. Wir benützen also künstliche Reize, am häufigsten elektrische Ströme und Stromstösse, welche sich ebensowohl durch die Leichtigkeit, mit der sie das Moleculargleichgewicht der Nervenelemente erschüttern, wie durch die grosse Genauigkeit, mit der sich ihre Einwirkungsweise bestimmen lässt, besonders empfehlen. Viel seltener wenden wir mechanische Stösse, Wärmeschwankungen oder schnell einwirkende chemische Mischungsänderungen an, Reizmittel, die in beiden Beziehungen weit unter dem elektrischen Strome stehen. Auch die Anwendungsweise der Reize ist meist eine künstliche, da wir sie selten auf die Endorgane der Sinnesnerven, niemals auf centrale Ganglienzellen, die natürlichen Angriffspunkte der innern Reize, sondern in der Regel direct auf peripherische Nerven einwirken lassen, weil diese sich am einfachsten und gleichförmigsten gegenüber dem Reize verhalten. Die Vorgänge in den Nervenfasern zergliedern wir, indem wir den der Untersuchung zugänglichsten peripherischen Erfolg der Nervenreizung, die Muskelzuckung nach Reizung des Bewegungsnerven, zum Maass der innern Vorgänge nehmen. Zur Erforschung der Veränderungen in den Ganglienzellen benutzen wir den einfachsten, einer äusseren Messung zugänglichen Vorgang, den die Reizung eines centralwärts verlaufenden Nervenfadens im Centralorgane auslöst, die Reflexzuckung. In beiden Fällen sucht man übrigens die Untersuchung dadurch zu vervollständigen,

dass man auch andere einfache Effecte der Reizung vergleichend prüft, um auf diese Weise die besonderen Bedingungen auszuschliessen, welche die specielle Verbindungsweise der gereizten Nervenfaser mit sich führt. So wird neben der Muskelzuckung die Empfindung nach Reizung eines sensibeln Nerven untersucht; neben der Reflexzuckung werden andere Fälle, in denen die Reizung Ganglienzellen durchwandern muss, ehe sie einen Bewegungseffect auslöst, herbeigezogen, wohin namentlich die Einflüsse gehören, welche peripherische Ganglien, z. B. diejenigen des Herzens, auf die ihnen zugeleiteten Vorgänge motorischer Innervation ausüben.

Was wir Reizung oder Erregung nennen, ist nur der unbekannte Bewegungsvorgang, welcher in den Nervenelementen durch Reize hervorgerufen wird. Die Aufgabe einer physiologischen Mechanik der Nervensubstanz ist es, die durch die Erfahrung festgestellten Gesetze der Reizung auf die allgemeinen Gesetze der Mechanik zurückzuführen. Zu diesem Zweck müssen wir vor allem an denjenigen Hauptsatz der Mechanik erinnern, welcher den Zusammenhang aller Bewegungsvorgänge beherrscht: es ist dies der Satz von der Erhaltung der Arbeit.

Unter Arbeit versteht man jede Wirkung, welche die Lage ponderabler Massen im Raume ändert. Die Grösse einer Arbeit wird daher mittelst der Lageänderung gemessen, welche ein Gewicht von bestimmter Grösse durch dieselbe erfahren kann. Durch Licht, Wärme, Elektricität, Magnetismus können ponderable Massen ihren Ort verändern. Nun sind aber, wie wir annehmen, jene so genannten Naturkräfte nur Formen der Bewegung. Die verschiedensten Arten von Bewegung können also Arbeit vollbringen. Hierbei wird die Arbeit stets auf Kosten der Bewegung geleistet. Die Wärme des Dampfes z. B. besteht wahrscheinlich in geradlinigen, aber vielfach sich störenden Bewegungen der Dampftheilchen. Sobald der Dampf Arbeit vollbringt, indem er etwa den Kolben einer Maschine bewegt, verschwindet ein entsprechendes Quantum jener Bewegungen. Man drückt sich hier häufig so aus: es sei eine gewisse Menge Wärme in eine äquivalente Menge mechanischer Arbeit übergegangen. Genauer gesprochen, ist aber ein Theil der unregelmässigen Bewegungen der Dampftheilchen verbraucht worden, um eine grössere ponderable Masse in Bewegung zu setzen. Es ist also nur die eine Form der Bewegung in eine andere übergegangen, und die entstandene Arbeit, gemessen durch das Product der bewegten Masse in die zurückgelegte Wegstrecke, ist genau gleich einer Summe kleiner Arbeitsgrössen, welche durch das Product der Gewichte einer Anzahl Dampftheilchen in die von ihnen zurückgelegten

Wegstrecken gemessen werden könnte, und welche verschwunden sind, während die äussere Arbeit vollbracht wurde. Man wird also richtiger sagen: die Moleculararbeit der Dampftheilchen ist zum Theil in die mechanische Arbeit des Kolbens übergegangen. Wenn wir bei der Reibung, Zusammendrückung der Körper mechanische Arbeit verschwinden und dafür Wärme auftreten sehen, so ist hierbei umgekehrt mechanische Arbeit in eine ihr entsprechende Menge von Moleculararbeit verwandelt worden. Nicht in allen Fällen, wo Wärme latent wird, entsteht übrigens mechanische Arbeit im gewöhnlichen Sinne. Sehr häufig wird die Wärme nur dazu verwandt, um die Theilchen der erwärmten Körper selbst in neue Lagen überzuführen. Bekanntlich dehnen alle Körper, am meisten die Gase, weniger die Flüssigkeiten und festen Körper, unter dem Einfluss der Wärme sich aus. Auch in diesem Fall verschwindet Moleculararbeit. Aehnlich wie diese im Beispiel der Dampfmaschine benutzt wird, um den Kolben zu bewegen, so wird sie hier zur Distanzänderung der Molecüle verbraucht. Die so geleistete Arbeit hat man als Disgregationsarbeit bezeichnet. Auch sie wird wieder in Moleculararbeit verwandelt, wenn die Theilchen in ihre früheren Lagen zurückkehren. Allgemein also kann Moleculararbeit entweder in mechanische Leistung oder in Disgregationsarbeit, und können hinwiederum diese beiden in Moleculararbeit übergehen. Die Summe dieser drei Formen von Arbeit aber bleibt unverändert dieselbe. Dies ist das Princip, welches man den Satz von der Erhaltung der Arbeit nennt.

Aehnlich wie auf die Wärme, die allerdings verbreitetste und allgemeinste Form der Bewegung, findet der Satz von der Erhaltung der Arbeit auch auf andere Arten der Bewegung seine Anwendung. Dabei wird nur das eine Glied in der Kette der drei in einander übergehenden Bewegungen, die Beschaffenheit der Moleculararbeit, geändert. So kann z. B. durch Elektricität ebenso wie durch Wärme Disgregationsarbeit und mechanische Arbeit hervorgebracht werden, aber die Art der Bewegung, welche wir Elektricität nennen, ist jedenfalls eine andere, obzwar sie ihrer näheren Natur nach noch unbekannt ist. Es gibt also mit andern Worten sehr verschiedene Arten von Moleculararbeit, es gibt aber im Grunde nur eine Disgregationsarbeit und nur eine Form der mechanischen Arbeit. Disgregation nennen wir stets die bleibenden Distanzänderungen der Molecüle, aus welcher Ursache dieselben auch eintreten mögen. Wenn wir die blosse Volumzunahme der Körper von der Aenderung des Aggregatzustandes und diese wieder von der chemischen Zersetzung, der Dissociation, unterscheiden, so handelt es sich dabei eigentlich nur um Grade der Disgregation. Die mechanische Arbeit aber besteht überall in der Ortsveränderung ponderabler Massen. Nun kommt als eine wesentliche Ergänzung des

Satzes von der Erhaltung der Arbeit die Thatsache hinzu, dass verschiedene Formen von Molecularbewegung unter Umständen in einander transformirt werden, d. h. dass die verschiedenen Arten von Moleculararbeit ausser in Disgregation der Molecüle und in mechanische Arbeit auch in einander umgewandelt werden können. So kann z. B. ein gewisses Quantum elektrischer Arbeit gleichzeitig in Wärme, Disgregation und mechanische Arbeit übergehen, und ein gewisses Quantum der letzteren kann bei der Reibung gleichzeitig Elektricität, Wärme und Disgregation erzeugen. Immer aber bleibt die Summe der Arbeit constant.

Man bemerkt leicht, dass hier überall die allgemeine Massenanziehung den Maassstab der geleisteten Arbeit abgibt. Jede mechanische Arbeit besteht darin, dass eine ponderable Masse der Schwere entgegen bewegt wird, sei es durch Hebung, sei es durch horizontale Fortbewegung eines Gewichtes. Wird das Gewicht gehoben, so vergeht zwischen dieser Arbeitsleistung und ihrer Verwandlung in andere Formen von Arbeit so lange Zeit, bis das Gewicht durch seine Schwere wieder zu Boden fällt; bei der horizontalen Fortbewegung einer schweren Masse dagegen geht vermöge der Reibung die mechanische Arbeit sogleich wieder in Wärme über. Die Disgregation verhält sich in dieser Beziehung ähnlich wie das gehobene Gewicht. Die Massetheilchen werden in einem zur Anziehungskraft, welche sie auf einander ausüben, entgegengesetzten Sinne bewegt, und die hierbei verrichtete Arbeit bleibt gewissermassen ruhend, bis die Disgregation wieder aufgehoben wird, wo die nämliche Menge von Moleculararbeit entsteht, die erforderlich war sie hervorzubringen. Nun bleibt ein gehobenes Gewicht so lange im gehobenen Zustande, als durch irgend eine andere Arbeit, z. B. durch die Wärmebewegung ausgedehnten Dampfes, durch die Oscillationen der Molecüle eines Seils, an welchem man das Gewicht aufgehängt hat, seiner Schwere das Gleichgewicht gehalten wird. Ebenso bleibt die Disgregation der Molecüle eines Körpers so lange bestehen, als durch irgend eine innere Arbeit, z. B. durch Wärmeschwingungen, ihre Wiedervereinigung gehindert wird. Zwischen dem Momente, in welchem die Hebung des Gewichtes oder die Disgregation der Molecüle vor sich gieng, und demjenigen, wo durch den Fall des Gewichtes oder die Vereinigung der Molecüle die zu jenem Geschäft erforderliche Arbeit wieder erzeugt wird, kann also während einer kürzeren oder längeren Zeit ein stationärer Zustand bestehen, in welchem gerade so viel innere Arbeit fortwährend verrichtet wird, als zur Erhaltung des Gleichgewichts erforderlich ist, so dass in dem vorhandenen Zustand, in der Lage der Körper und Molecüle, in der Temperatur, der elektrischen Vertheilung, sich nichts ändert. Erst in dem Moment, wo durch eine Störung dieses Gleichgewichtszustandes das Gewicht fällt oder die Molecüle sich

nähern, treten auch wieder Transformationen der Arbeit ein: die mechanische oder Disgregationsarbeit wird zunächst wieder in Moleculararbeit, in der Regel in Wärme, umgewandelt, diese kann theilweise abermals in mechanische Leistung oder in Disgregation der Molecüle übergehen, so lange bis durch irgend welche Umstände wieder ein stationärer Zustand eintritt. Insofern nun als in einem gehobenen Gewicht oder in disgregirten Molecülen eine gewisse Summe von Arbeit disponibel ist, welche in dem Moment frei werden kann, wo der Gleichgewichtszustand, der das Fallen des Gewichts oder die Verbindung der Molecüle hindert, aufhört, lässt sich jedes gehobene Gewicht und jede Disgregation auch als vorräthige Arbeit betrachten. Der Arbeitsvorrath ist hier natürlich genau so gross als diejenige Arbeit war, welche die Hebung oder Disgregation bewirkt hat, und als diejenige Arbeit sein wird, welche beim Fallen oder bei der Aggregation wieder zum Vorschein kommen kann. Der Satz von der Erhaltung der Arbeit lässt sich daher auch so ausdrücken: die Summe der wirklichen Arbeit und des Arbeitsvorrathes bleibt unverändert. Es ist übrigens klar, dass dies nur ein besonderer Ausdruck ist für den Satz von der Erhaltung der Summe aller Arbeit, weil man unter Arbeitsvorrath nur eine durch wirkliche Arbeit herbeigeführte Gewichtshebung oder Disgregation versteht, welche durch einen stationären Bewegungszustand erhalten bleibt. Wäre es uns möglich die kleinsten oscillirenden Bewegungen der Atome ebenso wie die Bewegungen der Körper und ihre bleibenden Molecularveränderungen zu beobachten, so würden wir ohne Zweifel den Satz strenge richtig finden, dass alle wirkliche Arbeit constant sei. Wo sich aber fortwährend die Massetheilchen durchschnittlich um die nämlichen Gleichgewichtslagen bewegen, da scheint uns die Materie ruhend. Wir nennen daher diejenige Arbeit, die in einem stationären Zustande gleichsam im verborgenen gethan wird, vorräthige Arbeit. Statt dessen können wir sie auch als innere Moleculararbeit bezeichnen und davon diejenige Arbeit der Molecüle, welche entsteht, wenn der Gleichgewichtszustand der Temperatur, der elektrischen Vertheilung sich ändert, als äussere Moleculararbeit unterscheiden.

Fortwährend wechseln stationäre Zustände mit Veränderungen. Die Natur bietet daher ein unaufhörliches Schauspiel des Uebergangs vorräthiger in wirkliche, wirklicher in vorräthige Arbeit. Wir wollen hier, als unsern Zwecken zunächstliegend, nur auf die Beispiele hinweisen, welche die Disgregation und ihre Umkehr in dieser Beziehung darbieten. Die verschiedenen Aggregatzustände beruhen, wie man vermuthet, auf verschiedenen Bewegungszuständen der Molecüle. In den Gasen fliehen sich diese und bewegen sich daher so lange geradlinig weiter, bis sie auf eine Wand oder auf andere Molecüle treffen, vor denen sie zurückweichen.

In den Flüssigkeiten oscilliren wahrscheinlich die Molecüle um bewegliche, in den festen Körpern um feste Gleichgewichtslagen. Um nun z. B. eine Flüssigkeit in Gas umzuwandeln, muss die Arbeit der Molecüle vergrössert werden. Dies geschieht, indem man ihnen Wärme zuführt. So lange nur die Moleculararbeit der Flüssigkeiten wächst, nimmt einfach die Temperatur derselben zu. Gestattet man aber gleichzeitig der Flüssigkeit sich auszudehnen, so geht ausserdem ein Theil der Moleculararbeit in Disgregationsarbeit über. Lässt man endlich durch steigende Wärmezufuhr die Disgregation so weit gehen, dass die Flüssigkeitstheilchen aus den Sphären ihrer gegenseitigen Anziehung gerathen, so entsteht, indem die Flüssigkeit in Gas oder Dampf übergeht, plötzlich ein neuer Gleichgewichtszustand, zu dessen Herstellung eine grosse Menge von Moleculararbeit d. h. Wärme verbraucht wird. Entzieht man dem Dampf wieder Wärme, vermindert man also dessen innere Arbeit, so wird umgekehrt ein Punkt erreicht, wo die mittleren Entfernungen der Molecüle so klein werden, dass sie wieder in die Sphäre ihrer wechselseitigen Anziehung kommen; bei dem Eintritt dieses ursprünglichen Gleichgewichtszustandes muss in Folge der wirksam werdenden Anziehungskräfte Moleculararbeit entstehen, d. h. Wärme frei werden, und zwar ist offenbar die im letzteren Fall entstehende Wärmemenge ebenso gross, wie diejenige, welche im ersten Falle verschwunden war.

Im wesentlichen ähnlich verhält es sich mit der Lösung und Schliessung chemischer Verbindungen. In jedem Körper kann man neben dem physikalischen einen chemischen Gleichgewichtszustand unterscheiden. Jedes Molecül im physikalischen Sinne besteht nämlich aus einer Mehrheit von chemischen Molecülen oder, wie man die nicht weiter zerlegbaren chemischen Molecüle auch nennt, von A t o m e n. Wie nun die Molecüle je nach dem Aggregatzustand des betreffenden Körpers in verschiedenen Bewegungszuständen sich befinden können, so die Atome je nach der Beschaffenheit der chemischen Verbindung. Die neuere Chemie hat unzweifelhaft dargethan, dass alle Körper Verbindungen sind. Die chemisch einfachen Körper unterscheiden sich nur dadurch, dass in ihnen g l e i c h a r t i g e Atome mit einander verbunden sind. Das Wasserstoffgas ist also z. B. ebenso gut eine chemische Verbindung wie die Salzsäure, in jenem sind je zwei Atome Wasserstoff mit einander (*H. H*), in dieser ist je ein Atom Wasserstoff mit einem Chlor verbunden (*H. Cl*). Aber auch hier ist die scheinbare Ruhe der Materie ohne Zweifel nur ein stationärer Bewegungszustand. Die chemischen Atome einer Verbindung oscilliren um mehr oder weniger feste Gleichgewichtslagen. Auf die Art dieser Bewegung ist zugleich der physikalische Aggregatzustand von wesentlichem Einflusse. In Gasen und Flüssigkeiten nämlich nehmen in der Regel auch die chemischen

Atome einen freieren Bewegungszustand an, indem hier und da solche aus ihren Verbindungen losgerissen werden, um sich dann alsbald wieder mit andern ebenfalls frei gewordenen Atomen zu verbinden. In der gasförmigen oder flüssigen Salzsäure z. B. ist zwar die durchschnittliche Zusammensetzung aller chemischen Molecüle = HCl, dies hindert aber nicht, dass fortwährend einzelne Atome H und Cl sich vorübergehend in freiem Zustande befinden, aus dem sie stets sogleich wieder durch chemische Anziehungen in den gebundenen Zustand zurückkehren. Auf diese Weise erklärt sich befriedigend die leichtere Zersetzbarkeit, welche Gase und namentlich Flüssigkeiten der Wärme, Elektricität und andern chemischen Verbindungen gegenüber darbieten [1]. In der Aggregation der chemischen Molecüle finden sich nun analoge Unterschiede, wie sie dem physikalischen Aggregatzustande zu Grunde liegen. Es gibt losere und festere chemische Verbindungen. Dort sind die Anziehungen, vermöge deren die Theilchen um gewisse Gleichgewichtslagen schwingen, schwächer, hier sind sie stärker. Diese Unterschiede der chemischen Aggregation sind natürlich von der physikalischen ganz unabhängig, da die physikalischen Molecüle immer schon chemische Aggregate sind: es können daher sehr feste Verbindungen im gasförmigen und sehr lose im festen Aggregatzustande vorkommen. Im allgemeinen gehören die Verbindungen gleichartiger Atome, also die chemisch einfachen Körper, zu den loseren Verbindungen, indem die meisten, einige Metalle abgerechnet, ziemlich leicht getrennt werden, um sich mit ungleichartigen Atomen zu verbinden. Anderseits verhalten sich die sehr zusammengesetzten Verbindungen wieder ähnlich, welche leicht in einfachere Verbindungen zerfallen. Hierher gehören z. B. die meisten so genannten organischen Verbindungen. Feste chemische Verbindungen sind sonach vorzugsweise unter den einfacheren Verbindungen ungleichartiger Atome zu finden. So z. B. sind Kohlensäure, Wasser, Ammoniak, viele Metalloxyde und unorganische Säuren schwer zerlegbare Verbindungen. Wie nun die verschiedenen Aggregatzustände in einander umgewandelt werden können, so können auch losere Verbindungen in festere übergehen und umgekehrt. Es gibt keine noch so feste Verbindung, welche nicht, wie St. Claire Deville nachgewiesen hat, durch Zufuhr bedeutender Wärmemengen Dissociation erfahren könnte. Wie bei der Umwandlung einer Flüssigkeit in Gas, so verschwindet auch hier eine gewisse Menge innerer Arbeit der Wärme, um in Dissociationsarbeit überzugehen. Ist die Dissociation geschehen, so befinden sich nun die Atome in einem neuen Gleichgewichtszustande. Bei der Dissociation von Wasser z. B. sind

---

[1] Clausius, Abhandlungen zur mechanischen Wärmetheorie II, S. 214. Braunschweig 1867.

statt der festen Verbindung $H_2 O$ die loseren Verbindungen $H.\ H$ und $O.\ O$ entstanden, in denen die Schwingungszustände der Atome in ähnlicher Weise sich von denjenigen der festen Verbindung $H_2 O$ unterscheiden werden wie etwa die Schwingungszustände der Molecüle des Wasserdampfs und des Wassers, d. h. die Atome jener losen Verbindungen werden im Ganzen weitere Bahnen beschreiben und desshalb mehr innere Moleculararbeit verrichten. Eben um ihnen diese zuzuführen ist Wärme erforderlich. Die so zur Dissociation aufgewandte Arbeit ist aber zugleich als vorräthige Arbeit vorhanden, weil, sobald der neue Gleichgewichtszustand der getrennten Molecüle gestört wird, sie sich verbinden können, wobei die zur Dissociation aufgewandte Arbeit wieder als Wärme zum Vorschein kommt. Zugleich sind dabei die chemischen Molecüle in ihren früheren Gleichgewichtszustand übergegangen, in welchem die stationäre Arbeit, die sie bei den Bewegungen um ihre Gleichgewichtslagen verrichten, um den Betrag der beim Act der Verbindung freigewordenen inneren Arbeit vermindert ist. So gleichen demnach die bei der Verbindung und Dissociation auftretenden Erscheinungen vollkommen denjenigen, welche beim Wechsel der Aggregatzustände beobachtet werden, mit dem einzigen Unterschied, dass zur Dissociation im allgemeinen viel bedeutendere Arbeitsmengen erforderlich sind als zur Disgregation, und dass daher auch der Austausch zwischen vorräthiger und wirklicher Arbeit dort viel bedeutendere Werthe erreicht.

Die lebenden Wesen nehmen durch die Regelmässigkeit, mit der in ihnen die Schliessung und Lösung chemischer Verbindungen vor sich gehen, an dem fortwährenden Wechsel vorräthiger und wirklicher, innerer und äusserer Arbeit einen bemerkenswerthen Antheil. In den Pflanzen vollzieht sich eine Dissociation fester Verbindungen. Kohlensäure, Wasser, Ammoniak, die Salpetersäure und Schwefelsäure der Nitrate und Sulfate werden von ihnen aufgenommen und in losere Verbindungen, wie Holzfaser, Stärke, Zucker, Eiweissstoffe u. s. w., zerlegt, in denen sich eine grosse Menge vorräthiger Arbeit anhäuft, während gleichzeitig Sauerstoff ausgeschieden wird. In den Thieren werden jene von der Pflanze erzeugten Verbindungen unter Aufnahme atmosphärischen Sauerstoffs, also durch einen Verbrennungsprocess, wieder in die festeren Verbindungen umgewandelt, aus denen die Pflanze dieselben geschaffen hatte, während gleichzeitig die in den organischen Verbindungen angehäufte vorräthige Arbeit in wirkliche Arbeit, theils in Wärme theils in äussere Arbeit der Muskeln, übergeht. Die Stätte, von welcher aus alle diese Arbeitsleistungen der Thiere beherrscht werden, ist das Nervensystem. Es hält jene Functionen im Gang, welche die Verbrennungen bewirken, es regulirt die Vertheilung und Ausstrahlung der Wärme, es bestimmt die Muskeln zu ihrer Arbeit.

Vielfach, und namentlich in dem letzteren Fall, stehen zwar die von dem Nervensystem ausgehenden Wirkungen selbst unter dem Einflusse äusserer Bewegungen, nämlich der Sinneseindrücke. Aber die eigentliche Quelle seiner Leistungen liegt nicht in diesen, sondern in den chemischen Verbindungen, aus welchen sich die Nervenmasse zusammensetzt, und welche in wenig veränderter Form der Werkstätte der Pflanze entnommen sind. In ihnen ist die vorräthige Arbeit angehäuft, die sich unter dem Einfluss äusserer Eindrücke in wirkliche umsetzt.

Die Verbindungen, welche die Nervenmasse zusammensetzen, befinden sich, so lange nicht Reizungsvorgänge verändernd einwirken, annähernd in jenem stationären Zustande, der nach aussen als vollkommene Ruhe erscheint. Diese Ruhe ist aber nur eine scheinbare, wie in allen Fällen, wo es sich um stationäre Bewegungszustände handelt. Die Atome jener complexen Verbindungen sind in fortwährenden Bewegungen, da und dort gerathen sie aus den Wirkungssphären der Atome, mit denen sie bisher verbunden waren, hinaus und in die Wirkungssphären anderer, gleichfalls frei gewordener Atome hinein. Fortwährend wechseln also in einer solchen leicht zersetzbaren Flüssigkeit, wie sie die Nervenmasse bildet, Schliessung und Lösung chemischer Verbindungen, und die Masse erscheint nur desshalb stationär, weil sich durchschnittlich ebenso viele Zersetzungen als Verbindungen vollziehen. Im vorliegenden Beispiele ist dies aber nicht einmal strenge richtig: der Zustand der Nervenelemente ist auch während ihrer Ruhe kein vollkommen stationärer. Bei so complexen Verbindungen ereignet es sich nämlich stets, dass die aus ihren bisherigen Wirkungssphären losgerissenen Atome theilweise nicht in dieselben oder ähnliche Verbindungen wieder eintreten, aus denen sie ausgeschieden waren, sondern dass einige unter ihnen sich zu einfacheren und festeren Verbindungen vereinigen. Man bezeichnet diesen Vorgang als S e l b s t z e r s e t z u n g. Im lebenden Organismus werden jedoch die von der Selbstzersetzung herrührenden Störungen des Gleichgewichts ausgeglichen, indem fortwährend die Zersetzungsproducte entfernt und dafür von neuem Materialien für die Erneuerung der Gewebsbestandtheile zugeführt werden. Wir können desshalb die Sache so ansehen, als wenn die ruhende Nervensubstanz in Wahrheit eine Flüssigkeit in stationärem Bewegungszustande wäre. In einer solchen Flüssigkeit wird keine Arbeit nach aussen frei, sondern die von den einzelnen Atomen erzeugten Arbeitswerthe vernichten sich immer gegenseitig wieder. Diese Vernichtung geschieht zu einem grossen Theil schon i n n e r h a l b der complexen chemischen Molecüle. Indem nämlich die Atome jedes Molecüls um ihre Gleichgewichtslagen oscilliren, verrichtet jedes eine gewisse Arbeit, die aber durch die Gegenwirkung anderer Atome wieder compensirt und so ausserhalb des Molecüls gar nicht merkbar wird.

Diese innere Moleculararbeit ist es, die bei einer losen chemischen Verbindung wegen der ausgiebigeren Bewegungen ihrer Atome viel bedeutender ist als bei einer festen chemischen Verbindung, sie ist es daher, welche vorräthige Arbeit repräsentirt, insofern bei einer Störung des seitherigen Gleichgewichtszustandes die losere in eine festere Verbindung übergehen kann, wo dann der in der ersteren enthaltene Mehrbetrag innerer zu äusserer Moleculararbeit wird. Theilweise findet aber die Herstellung des Gleichgewichts erst ausserhalb der chemischen Molecüle statt. Indem nämlich fortwährend Atome aus loseren in festere Verbindungen eintreten, muss Arbeit entstehen: indem anderseits Atome aus loseren in festere Verbindungen übergeführt werden, muss hinwiederum Arbeit verschwinden, und zwar ist es in beiden Fällen äussere Moleculararbeit, also im allgemeinen Wärme, welche erzeugt und wieder verbraucht wird. Nennen wir die beim Entstehen der festeren Verbindung zum Vorschein kommende Arbeit positive Moleculararbeit, so lässt sich die bei der Eingehung der loseren Verbindung verschwindende als negative bezeichnen. Die Bedingung für das wirkliche Gleichgewicht einer zersetzbaren Flüssigkeit wie die Nervenmasse wäre also die, dass die innere Moleculararbeit oder der Arbeitsvorrath unverändert bleibt, dadurch dass die Mengen positiver und negativer äusserer Moleculararbeit fortwährend sich ausgleichen, oder, wie wir es auch ausdrücken können: die innere Moleculararbeit muss constant bleiben, indem alles was von derselben in äussere Moleculararbeit übergeht wieder durch Rückverwandlung in innere Moleculararbeit ersetzt wird. Diese Bedingung ist allerdings, wie schon bemerkt, immer nur annähernd erfüllt, indem in Wahrheit der Betrag der positiven äusseren Moleculararbeit stets etwas überwiegt: wir können aber von dieser unbedeutenden Störung in Folge der Selbstzersetzung hier absehen, und fragen uns demnach: welche Veränderungen treten in jenem stationären Zustande des Nerven ein, wenn sich der Vorgang der Reizung entwickelt?

Die einfachste Erscheinung, welche über die Natur der Reizungsvorgange im Nerven Aufschluss zu geben vermag, ist der Eintritt und Verlauf der Muskelzuckung nach Reizung des Bewegungsnerven. Die Fig. 55 zeigt einen solchen Verlauf, wie er vom Wadenmuskel eines Frosches mittelst einer an ihm befestigten Hebelvorrichtung unmittelbar auf eine rasch bewegte berusste Glasplatte aufgezeichnet wurde. Der verticale Strich zur Linken bezeichnet den Moment der Reizung des Nerven. Die so erhaltene Curve lehrt, dass der Beginn der Zuckung unter allen Umständen merklich später eintritt als die Reizung erfolgte, und dass dann

Vielfach, und namentlich in dem letzteren Fa…
Nervensystem ausgehenden Wirkungen se…
Bewegungen, nämlich der Sinnesein…
seiner Leistungen liegt nicht in…
bindungen, aus welchen sich…
in wenig veränderter For…
In ihnen ist die vorräth…
äusserer Eindrücke in…

Die Verbindun…
sich, so lange nic…
jenem stationär…
scheint. Die…
wo es sich…
complexen…
gerathen…
verbun…
falls f…
solch…
Sch…
nu…
a…

…abnehmender
…allmälig die Wied
so ist die ganze Zuck
davon kommt, falls der N

Fig. 55.

unmittelbar über dem Muskel oder seine Ausbreitung im Muskel selbst
reizt wurde, etwa 0,01 Sec. auf die zwischen dem Reiz und der beginn
der Zuckung verfliessende Zeit, welche man das Stadium der latent
Reizung zu nennen pflegt. Diese Erfahrung macht es wahrscheinl
dass der Bewegungsvorgang im Nerven ein ziemlich langsamer ist. A
da hierbei zunächst unbestimmt bleibt, wie viel von dieser Langsam
der Vorgänge auf die Trägheit der Muskelsubstanz zu beziehen sei, so
das gewonnene Ergebniss nicht von entscheidendem Werthe.

Näher tritt man schon der Bewegung im Nerven selbst, wenn
diesen an zwei verschiedenen Stellen seiner Länge reizt, einmal mögli
entfernt von dem Muskel, das zweite Mal demselben möglichst nahe,
zugleich den Versuch so einrichtet, dass der Zeitpunkt der Reizung j
Mal dem nämlichen Punkt jener Abscissenlinie entspricht, auf welcher
die Zuckungscurve erhebt. Man bemerkt dann, wenn der Reiz in be
Fällen die gleiche Intensität besitzt, und vorausgesetzt dass der Nerv
in möglichst unverändertem Zustande befindet, einen doppelten Untersc
der beiden Curven. Erstens nämlich fängt, wie HELMHOLTZ entdeckte,
dem entfernteren Reiz entsprechende Zuckungscurve später an, das Sta
ihrer latenten Reizung ist grösser, und zweitens ist, wie zuerst Pfl
fand, die weiter oben ausgelöste Zuckung die stärkere, sie ist höher
wie ich hinzufügen muss, von längerer Dauer. Will man also zwei g
hohe Zuckungen hervorbringen, so muss für die vom Muskel entfer
Nervenstelle ein etwas schwächerer Reiz gewählt werden; auch dann
übrigens noch die entsprechende Zuckung eine etwas längere Zei
beanspruchen, vorausgesetzt dass man die Untersuchung am leben
Thier vornimmt. Die beiden Zuckungen unterscheiden sich also nu

Fig. 56.

wie es die Fig. 56 zeigt: die kleine Strecke zwischen dem Anfan
Zuckungen entspricht offenbar der Zeit, welche die Erregung braucht

oberen zur unteren Reizungsstelle fortzupflanzen, die höher
› Zuckung erreicht aber, obgleich sie in diesem Fall schon
wächeren Reiz erregt wurde, noch später die Abscissen-
›rspäteten Eintritt entspricht. So ergibt sich denn aus
.n erstens, dass der Bewegungsvorgang der Reizung ein
gsamer ist, — er berechnet sich für den Froschnerven bei ge-
uer Sommertemperatur zu 26, für den Nerven des Warmblüters bei
. normalen Eigenwärme desselben zu 32 Meter in der Secunde, — und
tweitens, dass bei demselben keine einfache Uebertragung und Fortpflanzung
ler äussern Reizbewegung stattfindet, sondern dass in dem Nerven selbst
lewegungsvorgänge ausgelöst werden, welche bei der Fortpflanzung zu-
ıehmen oder, wie sich PFLÜGER ausdrückt, dass die Reizung anschwillt
ei ihrer Fortpflanzung [1].

So bedeutungsvoll aber auch diese Resultate sind, so gestatten sie doch
och keinen Einblick in die eigentliche Mechanik der Reizungserscheinungen.
'm einen solchen zu gewinnen, müssen wir uns über den Zustand des
erven in jedem Moment der auf die Reizung folgenden Zeit Aufschluss
erschaffen. Dies ist nur möglich, indem man in jedem Moment der
eizungsperiode das Verhalten des Nerven gegen einen andern, prüfenden
eiz von constanter Grösse untersucht. Auch hier ist natürlich, ebenso
ie bei der einfachen Muskelzuckung, die Trägheit der Muskelsubstanz von
itbestimmendem Einflusse, aber derselbe wird, ähnlich wie bei den Ver-
ichen über die Fortpflanzung der Reizung, dadurch eliminirt, dass in
lchen Fällen, wo die von der Muskelsubstanz herrührenden Einflüsse
nstant bleiben, die beobachteten Veränderungen nur von veränderten
edingungen der Reizung im Nerven herrühren können [2].

Bei jedem Reizungsvorgange machen sich in der Nervenfaser zwei
nander entgegengesetzte Wirkungen geltend, solche, die auf die Erzeugung
isserer Arbeit (Muskelzuckung, Secretion, Reizung von Ganglienzellen)
richtet sind, und andere, welche die frei werdende Arbeit wieder zu
nden streben. Die ersteren lassen sich kurz als die erregenden
irkungen bezeichnen, weil sie den Vorgang der Erregung bedingen. Die
irkungen zweiter Art können wir die hemmenden nennen, insofern
: die von der Erregung ausgelösten Effecte zu hemmen suchen. Der
nze Verlauf der Reizung ist daher von den in jedem Zeitmoment wech-
lnden Wirkungen der Erregung und Hemmung abhängig. Um durch

[1] Vgl. mein Lehrbuch der Physiol. 3te Aufl. S. 508 und meine Untersuchungen
Mechanik der Nerven und Nervencentren, Abth. I, Erlangen 1871. S. 177.

[2] Die ausführliche Darstellung der im folgenden zusammengefassten Versuchs-
ebnisse ist in der ersten Abtheilung meiner Untersuchungen zur Mechanik der Nerven
Nervencentren enthalten.

die Contraction anfangs mit beschleunigter, später mit abnehmender Geschwindigkeit ansteigt, worauf in ähnlicher Weise allmälig die Wiederverlängerung eintritt. War der Reiz momentan, so ist die ganze Zuckung meist in 0,08 — 0,1 Sec. vollendet, und davon kommt, falls der Nerv

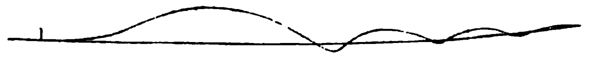


Fig. 55.

unmittelbar über dem Muskel oder seine Ausbreitung im Muskel selbst gereizt wurde, etwa 0,01 Sec. auf die zwischen dem Reiz und der beginnenden Zuckung verfliessende Zeit, welche man das Stadium der latenten Reizung zu nennen pflegt. Diese Erfahrung macht es wahrscheinlich, dass der Bewegungsvorgang im Nerven ein ziemlich langsamer ist. Aber da hierbei zunächst unbestimmt bleibt, wie viel von dieser Langsamkeit der Vorgänge auf die Trägheit der Muskelsubstanz zu beziehen sei, so ist das gewonnene Ergebniss nicht von entscheidendem Werthe.

Näher tritt man schon der Bewegung im Nerven selbst, wenn man diesen an zwei verschiedenen Stellen seiner Länge reizt, einmal möglichst entfernt von dem Muskel, das zweite Mal demselben möglichst nahe, und zugleich den Versuch so einrichtet, dass der Zeitpunkt der Reizung jedes Mal dem nämlichen Punkt jener Abscissenlinie entspricht, auf welcher sich die Zuckungscurve erhebt. Man bemerkt dann, wenn der Reiz in beiden Fällen die gleiche Intensität besitzt, und vorausgesetzt dass der Nerv sich in möglichst unverändertem Zustande befindet, einen doppelten Unterschied der beiden Curven. Erstens nämlich fängt, wie Helmholtz entdeckte, die dem entfernteren Reiz entsprechende Zuckungscurve später an, das Stadium ihrer latenten Reizung ist grösser, und zweitens ist, wie zuerst Pflüger fand, die weiter oben ausgelöste Zuckung die stärkere, sie ist höher und, wie ich hinzufügen muss, von längerer Dauer. Will man also zwei gleich hohe Zuckungen hervorbringen, so muss für die vom Muskel entferntere Nervenstelle ein etwas schwächerer Reiz gewählt werden; auch dann pflegt übrigens noch die entsprechende Zuckung eine etwas längere Zeit zu beanspruchen, vorausgesetzt dass man die Untersuchung am lebenden Thier vornimmt. Die beiden Zuckungen unterscheiden sich also nun so

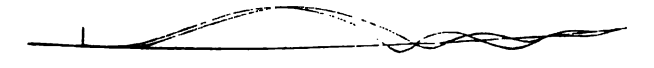


Fig. 56.

wie es die Fig. 56 zeigt: die kleine Strecke zwischen dem Anfang der Zuckungen entspricht offenbar der Zeit, welche die Erregung braucht, um

sich von der oberen zur unteren Reizungsstelle fortzupflanzen, die höher oben ausgelöste Zuckung erreicht aber, obgleich sie in diesem Fall schon durch einen schwächeren Reiz erregt wurde, noch später die Abscissenlinie, als ihrem verspäteten Eintritt entspricht. So ergibt sich denn aus diesen Versuchen erstens, dass der Bewegungsvorgang der Reizung ein äusserst langsamer ist, — er berechnet sich für den Froschnerven bei gewöhnlicher Sommertemperatur zu 26, für den Nerven des Warmblüters bei der normalen Eigenwärme desselben zu 32 Meter in der Secunde, — und zweitens, dass bei demselben keine einfache Uebertragung und Fortpflanzung der äussern Reizbewegung stattfindet, sondern dass in dem Nerven selbst Bewegungsvorgänge ausgelöst werden, welche bei der Fortpflanzung zunehmen oder, wie sich PFLÜGER ausdrückt, dass die Reizung anschwillt bei ihrer Fortpflanzung [1]).

So bedeutungsvoll aber auch diese Resultate sind, so gestatten sie doch noch keinen Einblick in die eigentliche Mechanik der Reizungserscheinungen. Um einen solchen zu gewinnen, müssen wir uns über den Zustand des Nerven in jedem Moment der auf die Reizung folgenden Zeit Aufschluss verschaffen. Dies ist nur möglich, indem man in jedem Moment der Reizungsperiode das Verhalten des Nerven gegen einen andern, prüfenden Reiz von constanter Grösse untersucht. Auch hier ist natürlich, ebenso wie bei der einfachen Muskelzuckung, die Trägheit der Muskelsubstanz von mitbestimmendem Einflusse, aber derselbe wird, ähnlich wie bei den Versuchen über die Fortpflanzung der Reizung, dadurch eliminirt, dass in solchen Fällen, wo die von der Muskelsubstanz herrührenden Einflüsse constant bleiben, die beobachteten Veränderungen nur von veränderten Bedingungen der Reizung im Nerven herrühren können [2].

Bei jedem Reizungsvorgange machen sich in der Nervenfaser zwei einander entgegengesetzte Wirkungen geltend, solche, die auf die Erzeugung äusserer Arbeit (Muskelzuckung, Secretion, Reizung von Ganglienzellen) gerichtet sind, und andere, welche die frei werdende Arbeit wieder zu binden streben. Die ersteren lassen sich kurz als die erregenden Wirkungen bezeichnen, weil sie den Vorgang der Erregung bedingen. Die Wirkungen zweiter Art können wir die hemmenden nennen, insofern sie die von der Erregung ausgelösten Effecte zu hemmen suchen. Der ganze Verlauf der Reizung ist daher von den in jedem Zeitmoment wechselnden Wirkungen der Erregung und Hemmung abhängig. Um durch

[1] Vgl. mein Lehrbuch der Physiol. 3te Aufl. S. 505 und meine Untersuchungen zur Mechanik der Nerven und Nervencentren, Abth. I. Erlangen 1871. S. 177.

[2] Die ausführliche Darstellung der im folgenden zusammengefassten Versuchsergebnisse ist in der ersten Abtheilung meiner Untersuchungen zur Mechanik der Nerven und Nervencentren enthalten.

den Prüfungsreiz nachzuweisen, welcher dieser Vorgänge, ob Erregung, ob Hemmung, im Uebergewicht sei, kann man entweder sich an die Untersuchung solcher Reizungsvorgänge halten, welche so schwach sind, dass sie an und für sich keine Muskelzuckung auslösen, oder es muss, so lange die Muskelcontraction abläuft, der Einfluss derselben eliminirt werden. Dies geschieht, indem man in solchen Fällen, wo es sich um den Nachweis gesteigerter Reizbarkeit handelt, den Muskel überlastet, d. h. mit einem so bedeutenden Gewicht beschwert, dass sowohl die ursprüngliche wie die durch den Prüfungsreiz für sich ausgelöste Zuckung ganz oder fast ganz unterdrückt wird, so dass höchstens noch eine minimale Zuckung möglich ist. Löst dann der Prüfungsreiz während des Ablaufs der ersten Reizung trotzdem eine Zuckung aus, so deutet dies auf eine Zunahme der erregenden Wirkungen, und für die Grösse der letzteren gibt die Höhe der Zuckung ein ungefähres Maass ab. Die Fig. 57 gibt ein Beispiel dieses Verfahrens. Der Reizungsvorgang, um dessen Untersuchung es sich handelt, ist durch die Schliessung eines constanten Stromes in aufsteigender Richtung (wobei also die positive Elektrode dem Muskel näher, die negative von ihm ferner war) hervorgerufen worden. Diese Schliessung erfolgte im Zeitmomente a. Der nicht überlastete Muskel hat in Folge der Reizung die Zuckung a' gezeichnet. Durch die nun ausgeführte Ueberlastung wurde dieselbe auf die minimale Höhe R herabgedrückt. Als Prüfungsreiz, der den Zustand des Nerven in verschiedenen Momenten des Reizungsvorganges feststellen sollte, wurde ein Oeffnungsinductionsschlag gewählt, der eine kurze Strecke unterhalb der vom constanten Strom gereizten Nervenstrecke einwirkte. Die Zuckung, welche derselbe, so lange der Reizungsvorgang durch den constanten Strom nicht eingeleitet wurde, am überlasteten Muskel bewirkte, war ebenfalls eine minimale. Nun wurde eine Reihe von Versuchen ausgeführt, bei deren jedem, während der Muskel überlastet war, zunächst

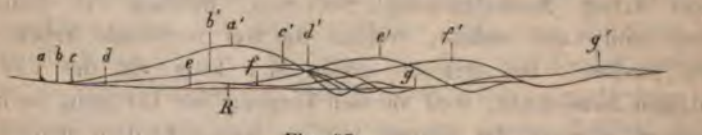


Fig. 57.

im Moment a der Nerv durch Schliessung des constanten Stromes gereizt und dann in einem bestimmten Moment die Auslösung des Prüfungsreizes bewerkstelligt wurde: in einem ersten Versuch geschah dies im Moment a, in einem zweiten in b, dann in c, d u. s. w. Die so durch die Prüfungsreize ausgelösten Zuckungen waren successiv b', c', d', e', f', g'. Der Verlauf dieser Zuckungscurven zeigt deutlich, dass in dem gereizten Nerven eine Zustandsänderung eintritt, welche sich im vorliegenden Fall als ge-

steigerte Reizbarkeit verräth. Diese beginnt kurz nach der Reizung a, erreicht ein Maximum, welches ungefähr mit dem Höhepunkt der Zuckungen a' und R zusammenfällt (e, e'), und nimmt endlich allmälig wiederum ab, doch dauert sie, wie die letzte Prüfung $g\,g'$ zeigt, erheblich länger an als die primäre Zuckung a'[1].

Wo nicht, wie in dem hier gewählten Beispiel, die erregenden, sondern die hemmenden Wirkungen überwiegen, da ist natürlich der Kunstgriff der Ueberlastung nicht anwendbar, es kann dann aber aus der Grösse des vom Prüfungsreize während des Ablaufs der Zuckung hervorgebrachten Effectes leicht auf hemmende Wirkungen geschlossen werden. So lässt sich auf das Uebergewicht der Hemmungen mit Sicherheit dann schliessen, wenn der Prüfungsreiz gar keinen Effect hervorbringt, da sich, sobald die erregenden Wirkungen im Uebergewicht sind, die Prüfungszuckung einfach zu der im Gang befindlichen Zuckung hinzuaddirt. Ein derartiges Beispiel zeigt die Fig. 58[2]. Der untersuchte Reizungsvorgang wurde hier wieder durch die Schliessung eines aufsteigenden constanten Stromes hervorgebracht, und der Prüfungsreiz war, wie vorhin, ein unter der durchflossenen Strecke einwirkender Oeffnungsinductionsschlag. In den zwei nach einander ausgeführten Versuchen A und B wurde jedesmal im Moment a der Strom geschlossen, und im Moment b wirkte der Prüfungsreiz ein. Zuerst wurde in jedem Versuch die Wirkung des Stromes ohne den Prüfungsreiz und dann die Wirkung des letzteren ohne die vorausgegangene Stromesschliessung untersucht: so wurden die Zuckungen C und R, die in A und B völlig

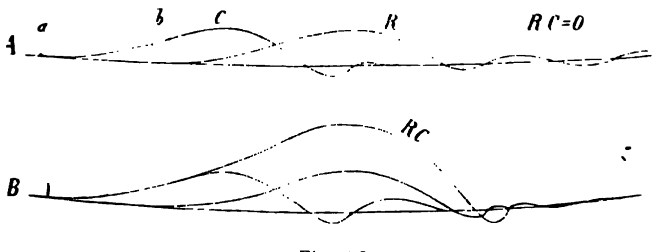


Fig. 58.

übereinstimmen, erhalten. Dann wurde, nachdem bei a die Schliessung erfolgt war, sogleich bei b der Prüfungsreiz ausgelöst. Hier stellte sich nun in den Versuchen A und B ein völlig verschiedener Effect heraus: in A wurde bloss eine Zuckung C gezeichnet, ganz so als wenn der Prüfungsreiz R gar nicht eingewirkt hätte (was durch das Zeichen $RC = O$

---

[1] Untersuchungen zur Mechanik der Nerven S. 74.

[2] Ebend. S. 72.

ıgedeutet ist), in *B* fiel der Anfang der Zuckungscurve mit *C* zusammen, ı einem dem Beginn der Zuckung *R* entsprechenden Momente aber erhob ie sich über *C*, so dass die Curve *RC* einfach aus einer Superposition ler beiden Zuckungen *C* und *R* hervorgegangen scheint. Aus diesem Verhalten werden wir offenbar schliessen dürfen, dass in *A* während des Verlaufs der Reizung *C* eine starke Hemmung bestanden hat, während in *B* entweder erregende Wirkungen überwogen oder gar keine Veränderung der Reizbarkeit existirte. Die letztere Alternative lässt sich nur entscheiden, wenn man wieder in der vorhin angegebenen Weise durch Ueberlastung die Zuckungen *C* und *R* auf null oder auf eine minimale Höhe herabdrückt. Dieses Verfahren lehrte, wie ich hinzufügen will, dass in diesem Fall in der That im Versuch *B* die erregenden Wirkungen im Uebergewicht waren.

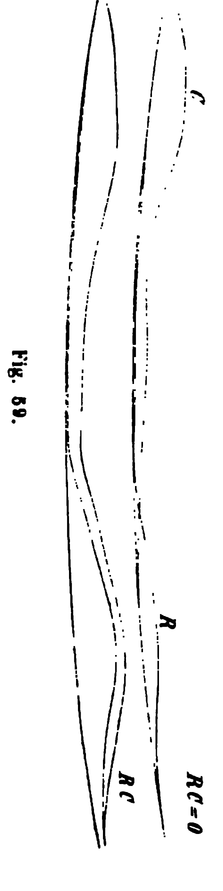


Fig. 59.

Der Unterschied in den Versuchsbedingungen von *A* und *B* bestand nun darin, dass in *A* der Prüfungsreiz sehr nahe bei der vom constanten Strom gereizten Strecke angebracht wurde, während er in *B* näher beim Muskel lag. Diese Versuche lehren uns also, dass während eines und desselben Reizungsvorganges an der einen Nervenstrecke die hemmenden, an der andern die erregenden Wirkungen überwogen.

In allen diesen Fällen hängt es übrigens von der Art der Prüfung ab, welche der einander widerstrebenden Wirkungen, ob die erregende oder hemmende, deutlicher nachweisbar ist. Durchweg sind schwache Reize günstiger zur Nachweisung der Hemmung, stärkere zur Nachweisung der Erregung. Prüft man einen und denselben Reizungsvorgang abwechselnd mit schwachen und mit starken Reizen, so ergibt sich, dass bei den meisten Reizungen während des grössten Theils ihres Verlaufs s o w o h l d i e e r r e g e n d e n w i e d i e h e m m e n d e n W i r k u n g e n gesteigert sind. In derselben Reizungsperiode, in welcher der Effect schwacher Prüfungsreize ganz unterdrückt wird, kann nämlich der Effect starker Prüfungsreize vermehrt sein[1]. Ein Beispiel dieser Art, welches der Periode des Abklingens der Erregung angehört, zeigt die Fig. 59. Die Zuckung *C* ist durch den untersuchten Reizungsvorgang, *R* durch den Prüfungsreiz ausgelöst; in *A* wurde ein schwacher, in *B* ein starker Prüfungs-

[1] Ebend. S. 109 f.

reiz angewandt. RC bezeichnet in beiden Fällen diejenige Zuckung, welche der Prüfungsreiz unter dem Einfluss der Erregung C bewirkte: sie ist in A gleich null, in B übersteigt sie beträchtlich die Zuckung R. C ist in diesem Fall die Schliessungszuckung eines aufsteigenden constanten Stromes, und es ist der Reizungsvorgang unterhalb der durchflossenen Strecke untersucht worden.

Um ein gewisses Maass zu gewinnen für das Verhältniss, in welchem in jedem Moment der Reizungsperiode die hemmenden zu den erregenden Wirkungen stehen, wird man hiernach am geeignetsten constant erhaltene Reize von mässiger Stärke benützen, die für Hemmung und Erregung ungefähr gleich empfindlich sind. Aus solchen Versuchen ergibt sich nun, dass der Reizungsvorgang, welcher sich nach Einwirkung eines momentanen Reizes, z. B. eines elektrischen Stromstosses oder einer mechanischen Erschütterung, entwickelt, ungefähr folgenden Verlauf nimmt. Im Moment des Eintritts der Reizung und kurz nach demselben reagirt der Nerv gar nicht auf den schwachen Prüfungsreiz: ob der letztere einwirkt oder nicht, der Reizungsvorgang läuft in der nämlichen Form ab[1]). Lässt man also zuerst einen Reiz R (Fig. 60), dann einen Reiz C und endlich die beiden Reize R, C gleichzeitig auf die nämliche Stelle oder auf zwei von einander nicht allzuweit entfernte Stellen des Nerven einwirken, so fällt die im dritten Fall gezeichnete Zuckung RC genau mit der stärkeren der beiden Zuckungen R oder C, in unserm Beispiel (Fig. 60 A) mit R, zusammen. Derselbe Erfolg tritt ein, wenn man zwischen den Momenten a, b der Reizung nur eine sehr kurze Zeit verfliessen lässt. Sobald aber diese Zwischenzeit um ein merkliches wächst, so übertrifft die combinirte Zuckung die beiden einfachen, und noch ehe der Zeitunterschied die gewöhnliche Zeit der latenten Reizung erreicht, kann leicht RC die Summe der beiden Zuckungen R und C übertreffen, namentlich wenn man sehr schwache Reize wählt, welche nur minimale Zuckungen auslösen (Fig. 60 B). Dieses Anwachsen der Reizbarkeit nimmt nun zu bis zu einem Zeitmoment, der ungefähr dem Höhepunkt der Zuckung entspricht, um dann einer Wiederabnahme Platz zu machen; doch ist noch eine längere Zeit nach dem Ende der Zuckung die gesteigerte Reizbarkeit nachzuweisen. Die Fig. 57 S. 248 zeigt diesen weiteren Verlauf vollständig, man sieht in derselben deutlich die grösste Prüfungszuckung mit dem Maximum der Zuckung a' zusammenfallen.

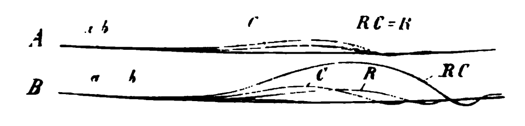


Fig. 60.

[1]) Ebend. S. 63 u. 100.

Demnach lässt sich der zeitliche Verlauf des Reizungsvorganges im allgemeinen in drei Stadien trennen: in das Stadium der Unerregbarkeit, in das Stadium der wachsenden und in das Stadium der wiederabnehmenden Erregbarkeit.

Häufig kommt es vor, dass das letzte Stadium durch eine kurze Zeitperiode unterbrochen wird, während deren plötzlich die Reizbarkeit stark abnimmt, um dann rasch abermals anzusteigen. Diese Abnahme fällt immer mit dem Ende der Zuckung zusammen, sie gibt sich wegen der Schnelligkeit, mit der sie vergeht, nur in einer vergrösserten Latenz des Prüfungreizes zu erkennen, und sie ist regelmässig nur bei sehr leistungsfähigen Nerven anzutreffen. Sobald der Nerv ermüdet, schwindet daher diese Erscheinung. Eine solche vorübergehende Hemmung nach Ablauf der Zuckung ist in Fig. 61 sichtbar. Die Zuckung links ent-

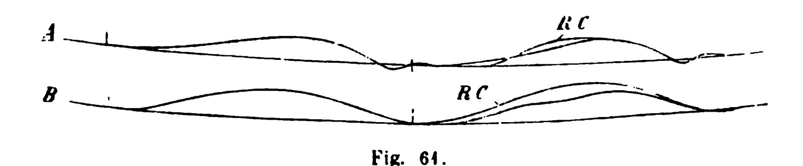


Fig. 61.

spricht dem untersuchten Reizungsvorgang, rechts gehört die nicht bezeichnete Zuckung der einfachen Einwirkung des Prüfungsreizes an, *R C* ist die vom letzteren unter dem Einfluss der vorausgegangenen Reizung ausgelöste Zuckung. In *A* ist der Nerv im frischen, vollkommen leistungsfähigen Zustande, in *B* derselbe Nerv nach der Ermüdung durch mehrmalige Reize untersucht worden [1]).

Diese Abhängigkeit der vorübergehenden Hemmungen von der Leistungsfähigkeit der Nerven beweist zugleich, dass es sich hier nicht etwa um eine Erscheinung handelt, welche durch die Trägheit der Muskelsubstanz bedingt ist. Wäre letzteres der Fall, so könnte nicht im einen Fall nach dem Ablauf der Zuckung die Hemmung erscheinen, im andern dagegen ausbleiben, obgleich sich im Verlauf der durch die untersuchte Reizung ausgelösten Muskelcontraction nichts wesentliches geändert hat. Anders verhält es sich allerdings mit dem in den Anfang der Reizung fallenden Stadium der Unerregbarkeit. Dieses kann theilweise davon herrühren, dass der Muskel, nachdem die Reizung in ihm angelangt ist, eine gewisse Zeit braucht, um in den contrahirten Zustand überzugehen. Aber theilweise kommt die Erscheinung jedenfalls auch auf Rechnung der hemmenden Kräfte des Nerven. Der Beweis hierfür liegt darin, dass die Dauer

---

1) Ebend. S. 86, 190, 200.

jenes Stadiums wesentlich von der Beschaffenheit des auf den Nerven wirkenden Reizes abhängt: dasselbe ist z. B. durchweg beträchtlich verlängert bei demjenigen Erregungsvorgang, welcher zur Seite der Anode des constanten Stromes abläuft.

In Bezug auf das Verhältniss der erregenden und hemmenden Wirkungen lässt demnach der ganze Verlauf der Reizungsvorgänge folgendermassen sich darstellen. Mit dem Eintritt des Reizes beginnen im Nerven gleichzeitig erregende und hemmende Wirkungen. Davon überwiegen zunächst die letzteren bedeutend. Im weiteren Verlauf aber wachsen sie langsamer, während die erregenden Wirkungen schneller zunehmen. Häufig behalten diese ihr Uebergewicht bis der ganze Vorgang vollendet ist. Ist ein sehr leistungsfähiger Zustand des Nerven vorhanden, so kommen jedoch unmittelbar nach dem Ablauf der Zuckung noch einmal vorübergehend die hemmenden Wirkungen zur Geltung. Die letztere Thatsache zeigt, dass der Vorgang kein vollkommen stetiger ist, sondern dass der rasche Effect der erregenden Wirkungen, wie er bei der Zuckung stattfindet, immer eine Reaction der hemmenden Wirkungen nach sich zieht. Das Freiwerden der Erregung findet etwa ähnlich einer plötzlichen Entladung statt, wobei rasch die für dieselbe disponibeln Kräfte verbraucht werden, so dass während einer kurzen Zeit die entgegengesetzten Kräftewirkungen zum Uebergewicht gelangen. Die Fig. 62 versucht diesen Verlauf der Vorgänge graphisch zu versinnlichen. Bei $r r'$ liegt der Moment der Reizung, die Curve $a\,b$ stellt den Gang der erregenden, die Curve $c\,d$ den Gang der hemmenden Wirkungen dar. Wir nehmen an, dass schon vor der Einwirkung des Reizes erregende und hemmende Antriebe im Nerven vorhanden sind, die sich aber das Gleichgewicht halten: wir setzen sie den Ordinaten $x\,a$ und $x\,c$ proportional. Die Erregungscurve macht in dem Zeitmoment m, der dem Ende der Zuckung entspricht, entweder eine rasche Biegung unter die Abscissenlinie (der vorübergehenden Hemmung entsprechend), oder sie setzt wie die unterbrochene Linie andeutet continuirlich ihren Verlauf fort. Die Hemmungscurve zeichnet durch den raschen Fall in ihrem Anfang sich aus. Was wir Leistungsfähigkeit des Nerven nennen ist nun augenscheinlich eine gleichzeitige Function von Hemmung und Erregung. Je leistungsfähiger der Nerv ist, um so mehr sind in ihm sowohl die hemmenden wie die erregenden Kräfte gesteigert. Beim erschöpften

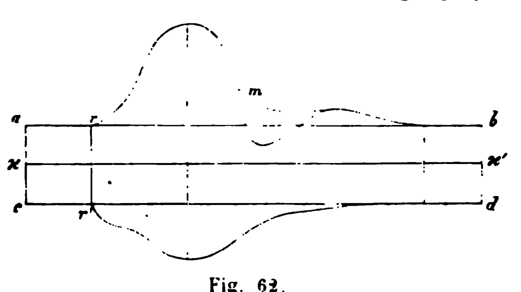


Fig. 62.

Nerven sind beide, vorzugsweise aber die hemmenden Kräfte vermindert. Hier ist daher die Reizbarkeit grösser, die vorübergehenden Hemmungen nach Ablauf der Zuckung sind nicht mehr wahrnehmbar, der ganze Verlauf der Zuckung ist gedehnter, und diese hinterlässt eine längere Zeit noch gesteigerte Reizbarkeit. Aber die Abnahme auch der erregenden Kräfte spricht sich in der geringeren Höhe der auf stärkere Reize erfolgenden Zuckungen und in dem langsameren Eintritt der letzteren aus. Auch das Stadium der latenten Reizung ist von längerer Dauer, der Nerv bedarf also, wie es scheint, mehr Zeit, um die zur Auslösung der Muskelzuckung erforderlichen Kräfte zu sammeln [1]. Erscheinungen, welche denjenigen gleichen, durch welche sich der herabgesetzte Kräftezustand verräth, lassen sich durch die Einwirkung der Kälte hervorbringen, wogegen der Einfluss einer höheren Temperatur umgekehrt in Symptomen sich äussert, die dem Zustand hoher Leistungsfähigkeit ähnlich sind. Freilich besteht der Unterschied, dass die Wärmezufuhr den Kräftevorrath nicht ersetzen kann, dass also, indem durch sie während einer kurzen Zeit der Nerv zu bedeutenden Leistungsäusserungen fähig ist, nur um so rascher die inneren Kräfte desselben verbraucht werden [2].

Einer besondern Erwähnung bedarf noch die Reizung durch den constanten galvanischen Strom. Dieser wirkt im allgemeinen sowohl bei seiner Schliessung wie bei seiner Oeffnung erregend auf den Nerven, in beiden Fällen ist aber der Reizungsvorgang im Bereich der Anode ein wesentlich anderer als im Bereich der Kathode. In der Nähe der letzteren sind bei Strömen von nicht allzu bedeutender Stärke die der Schliessung zunächst folgenden Vorgänge von derselben Beschaffenheit, wie sie nach momentanen Reizen in der ganzen Länge des Nerven gefunden werden: der einzige Unterschied besteht darin, dass die erregenden und hemmenden Wirkungen in ermässigtem Grade fortdauern so lange der Strom geschlossen ist, indem zugleich fortwährend die Erregung im Uebergewichte bleibt. Anders verhält es sich aber in der Nähe der Anode: hier sind hemmende Kräfte von bedeutender Stärke wirksam, welche mit der Stromintensität weit rascher zunehmen als die erregenden Wirkungen, so dass bei etwas stärkeren Strömen, falls die Anode gegen den Muskel hin liegt, die an derselben stattfindende Hemmung die Fortpflanzung der an der Kathode beginnenden Erregung zum Muskel hindert. In Folge davon nimmt mit der Verstärkung des aufsteigend gerichteten Stromes die Schliessungs-

---

[1] Um die beiden hier geschilderten Zustände des Nerven kurz zu bezeichnen, habe ich denjenigen, in welchem der innere Kräftevorrath herabgesetzt ist, den asthenischen, den entgegengesetzten den sthenischen Zustand genannt. (A. a. O., S. 43 und 242.)

[2] Ebend. S. 208.

zuckung sehr bald wieder ab, und verschwindet endlich ganz. Diese anodische Hemmung beginnt an der Anode selbst im Moment der Schliessung, sie breitet dann aber langsam und allmälig abnehmend in weitere Entfernung sich aus. Sie legt nämlich je nach der Stromstärke nur zwischen 80 und 500 Mm. in der Sec. zurück, bleibt also weit hinter dem mit einer Schnelligkeit von 26—32 Meter forteilenden Erregungsvorgang zurück. Mit der Stärke des Stromes nimmt die Geschwindigkeit der Hemmung bedeutend zu, und sie breitet nun auch über die Kathode sich aus. Bei der Oeffnung des Stromes verschwinden die während der Schliessung vorhandenen Unterschiede mehr oder weniger rasch, und zugleich kommen an der Kathode vorübergehend die hemmenden Wirkungen zum Uebergewichte: in diesem Ausgleichungsvorgang besteht die Oeffnungsreizung. Sie geht vorzugsweise von der Gegend der Anode aus, wo die während der Schliessung bestandene Hemmung in Erregung umschlägt, eine Schwankung, die um so rascher geschieht, je stärker der Strom war. Die Eigenthümlichkeit der vom constanten Strom ausgelösten Reizungsvorgänge lässt hiernach im allgemeinen dahin sich feststellen, dass die erregenden und hemmenden Wirkungen, die bei andern Reizungen sich gleichmässig über den Nerven verbreiten, nach der Lage der Elektroden sich scheiden, indem bei der Schliessung in der Gegend der Kathode die erregenden, in der Gegend der Anode die hemmenden Kräfte überwiegen, bei der Oeffnung aber eine Ausgleichung stattfindet, welche vorübergehend die entgegengesetzte Kräftevertheilung herbeiführt[1].

Ehe wir zu den theoretischen Folgerungen aus den oben mitgetheilten Versuchsergebnissen übergehen, sei eine kurze Auseinandersetzung der zur Gewinnung derselben angewandten Methoden hier eingeschaltet. Zur Aufzeichnung der Zuckungscurven des Muskels habe ich mich in allen Fällen des Pendelmyographion bedient, zur Reizung des Nerven bald der Schliessung oder Oeffnung constanter Ströme, bald der Inductionsschläge, bald endlich mechanischer Erschütterungen, welche durch den Fall eines Hammers, der den Nerven zusammendrückte, hervorgebracht wurden. Als Prüfungsreiz diente stets ein Oeffnungsinductionsschlag. Die Fig. 63 zeigt in schematischer Darstellung eine Versuchsanordnung, bei welcher der zu untersuchende Reizungsvorgang die Schliessungserregung durch den constanten Strom war. Das Pendelmyographion besteht aus einem schweren gusseisernen Pendel *p*, dessen Schwingungsdauer annähernd 1/2 Secunde beträgt, und das an einem soliden Gestell aufgehängt ist. An dem Pendel ist eine Glasplatte *g* befestigt, welche vor dem Versuch

[1] Vgl. die ausführlichere Zusammenstellung der Ergebnisse über die Reizung durch den constanten Strom in meinen Untersuchungen S. 223 f.

über der Lampe berusst wird, auf sie zeichnet der Muskel seine Zuckungen. An seinem untern Ende trägt das Pendel einen Daumen *d*, welcher beim Schwingen desselben an die kleinen Stromunterbrecher *s*, *s'* anschlägt, und dadurch die Reizungen auslöst. *s* und *s'* sind auf dem Tisch des Myographiongestells befestigt: beide halten dadurch einen Strom geschlossen, dass ein vertical gestelltes Metallstäbchen, welches eine Platinplatte trägt, mit diesem an eine Platinspitze federnd andrückt. Wird nun durch den Daumen *d* das Metallstäbchen umgeworfen, so wird jener Contact aufgehoben und damit der Strom unterbrochen. *k* ist die Kette, deren Schliessung im Nerven den zu untersuchenden Reizungsvorgang auslösen soll. Von ihr aus gehen die Leitungsdrähte 1, 2 zum Unterbrecher *s*, und vom letzteren die Drähte 3, 4 zum Nerven *n*. So lange nun *s* geschlossen ist, bildet der Platincontact eine Leitung, deren Widerstand gegen denjenigen der Nervenstrecke verschwindend klein ist, so dass kein irgend merkbarer Strom sich durch die letztere ergiesst. Sobald aber durch das Anschlagen des Daumens *d* der Contact gelöst wird, so geht der volle Strom durch 1 und 3 zum Nerven und von diesem durch 4 und 2 zur Kette zurück. *k'* ist die Kette für den als Prüfungsreiz dienenden Inductionsschlag. Von derselben führt der Leitungsdraht 6 direct zur primären Inductionsspirale *I*, der Draht 5 führt zunächst zum Unterbrecher *s'* und dann von diesem zu *I*. Die mit den Enden der secundären Inductionsspirale *II* verbundenen Drähte 7 und 8 führen zu einer Nervenstrecke, die im vorliegenden Beispiel etwas unter der durch die Kette *k* gereizten Stelle liegt. So lange nun die Kette *k'* durch den

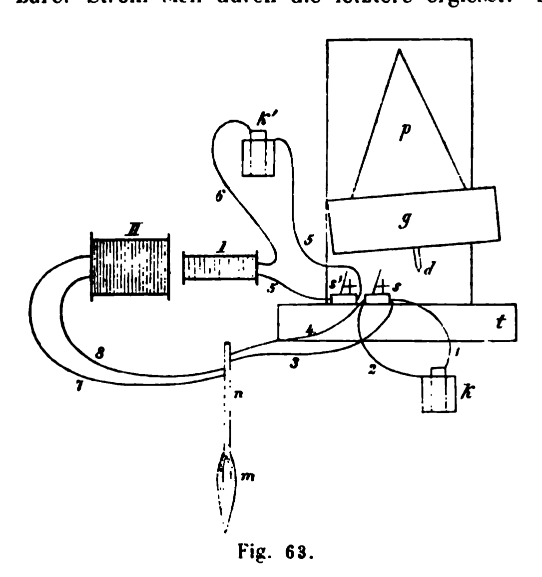


Fig. 63.

Contact *s'* geschlossen ist, fliesst der Strom durch die Spirale *I*, und es findet dabei keine Inductionswirkung auf die Spirale *II* statt. Sobald aber jener Contact durch das Anschlagen des Daumens *d* unterbrochen wird, hört der Strom in *I* plötzlich auf, und es entsteht ein Oeffnungsinductionsstrom in *II*, welcher auf die zwischen 7 und 8 gelegene Nervenstrecke als Reiz wirkt. An der Sehne des Muskels *m* ist ein (hier nicht abgebildeter) Hebel befestigt, welcher eine feine Spitze trägt, mittelst deren der Verlauf der Zuckung auf die Glasplatte *g* vom Muskel selbst gezeichnet wird. Da die Geschwindigkeit des Pendels keine gleichförmige ist, so sind übrigens selbstverständlich die Raumwerthe nicht einfach den Zeitgrössen proportional, sondern es müssen diese aus jenen mittelst des Pendelgesetzes berechnet werden. Vor jeder einzelnen Schwingung gibt man dem Pendel eine bestimmte Ablenkung und stellt die Unterbrecher *s*, *s'* so ein, dass die Zuckungscurven möglichst in der Mitte des Schwingungsbogens beginnen. Bei allen hier

abgebildeten Zeichnungen betrug jene Ablenkung und demnach die Schwingungsamplitude des Pendels etwa 10 Winkelgrade.

Der Versuch wird nun folgendermassen ausgeführt. Man lässt zuerst durch den am Muskelhebel befestigten Stift eine einfache Abscissenlinie zeichnen. Dies geschieht dadurch, dass man das Pendel, während die beiden Ketten *k*, *k'* geöffnet sind, eine Schwingung ausführen lässt. Dann bestimmt man die beiden Punkte der Abscissenlinie, welche den Zeitmomenten der Reizung durch die Kette *k* und durch den Oeffnungsinductionsschlag entsprechen. Zu diesem Zweck wird das Pendel, während beide Ketten geschlossen sind, langsam mit der Hand zuerst nach *s* und dann nach *s'* geführt: bei der Lösung des Contactes *s* zeichnet dann der Muskel in Folge der Schliessungserregung, bei *s'* in Folge der Reizung durch den Oeffnungsinductionsschlag einen verticalen Strich. Hierauf werden in je einem Schwingungsversuch die durch Schliessung des constanten Stromes bewirkte Erregung *C* ohne nachherige Einwirkung des Prüfungsreizes, und die durch den letzteren bewirkte Zuckung *R* ohne vorausgegangene Erregung *C* ausgelöst: hier lässt man zuerst das Pendel schwingen, während die Kette *k'* geöffnet und *k* geschlossen, dann während *k* geöffnet und *k'* geschlossen ist. Endlich geht man zum letzten Versuch über: *k* und *k'* werden geschlossen und so nach einander während derselben Schwingung die Erregungen *C* und R ausgelöst. Die Versuche lassen sich nun in der mannigfachsten Weise variiren, indem man 1) den Unterbrechern *s* und *s'* die verschiedensten Stellungen gegen einander gibt, von der Distanz null an (gleichzeitige Reizung) bis zur grösstmöglichen Entfernung, 2) indem man die Stärke des Kettenstroms *k* durch einen Rheostaten und durch Vermehrung der zur Kette verbundenen constanten Elemente abstuft, 3) indem man die Intensität des Prüfungsreizes durch Veränderung der Distanz zwischen primärer und secundärer Inductionsspirale wechseln lässt, 4) indem man successiv verschiedene Stellen des Nerven sowohl vor als hinter dem Strom mit dem Inductionsschlag auf ihre Reizbarkeit prüft. Rücksichtlich der hierbei sowie bei andern Formen der Reizung (Oeffnungserregung durch den constanten Strom, Erregung durch Stromstösse, durch mechanische Erschütterungen, thermische Modification u. s. w.) einzuschlagenden Methoden muss ich auf die ausführliche Darstellung in meinen Untersuchungen zur Mechanik der Nerven verweisen[1].

Als wir oben den wahrscheinlichen Molecularzustand des Nerven ins Auge fassten, haben wir gesehen, dass in demselben fortwährend positive und negative Moleculararbeit geleistet wird. Die positive Moleculararbeit für sich würde entweder als frei werdende Wärme oder als äussere Arbeit, z. B. Muskelzuckung, sich zu erkennen geben; die negative Moleculararbeit für sich würde ein Verschwinden solcher Arbeitsleistungen, Latentwerden von Wärme oder Hemmung einer ablaufenden Muskelreizung, bedingen. Das Gleichgewicht zwischen positiver und negativer Moleculararbeit aber führt den stationären Zustand des Nerven mit sich, in welchem weder die Tem-

---

[1] Seite 4, 21, 121, 160, 196. Die dem vorliegenden Capitel beigegebenen Zuckungscurven sind sämmtlich nach den vom Froschmuskel auf berusstes Papier gezeichneten Originalen in Holz geschnitten.

peratur desselben geändert noch eine äussere Arbeit geleistet wird. Wenn wir nun unter dem Einfluss eines äusseren Reizes einen Vorgang entstehen sehen, welcher entweder eine Muskelzuckung hervorruft oder auch nur dem prüfenden Reize gegenüber als gesteigerte Reizbarkeit sich kundgibt, so bedeutet dies offenbar, dass die positive Moleculararbeit zugenommen hat. Wenn umgekehrt eine ablaufende Muskelzuckung gehemmt wird oder die Reaction gegen einen Prüfungsreiz abnimmt, so bedeutet dies, dass die negative Moleculararbeit grösser geworden ist. Somit kommen wir zu dem allgemeinen Satze: durch den Anstoss des Reizes wird sowohl die positive als die negative Moleculararbeit des Nerven vergrössert. Nach den früher geführten Erörterungen werden wir uns also vorstellen, dass der Reizanstoss sowohl die Vereinigung der Atome complexer chemischer Molecüle zu festeren Verbindungen als auch den Wiederaustritt aus diesen und die Rückkehr in jene loseren und zusammengesetzteren Verbindungen beschleunigt, aus welchen die Nervensubstanz besteht. Auf der Restitution dieser complexen Molecüle beruht die Erholung des Nerven, aus der Verbrennung zu festeren und schwerer zersetzbaren Verbindungen geht seine Arbeitsleistung hervor, auf ihr beruht aber auch seine Erschöpfung. Aeussere Arbeit, Muskelzuckung oder Erregung von Ganglienzellen, kann der Reiz nur dadurch herbeiführen, dass er die positive Moleculararbeit stets in bedeutenderem Grade als die negative beschleunigt. Aus der ersteren wird dann jene Arbeit der Erregung hervorgehen, welche an bestimmte Organe, Muskeln oder Ganglienzellen, übertragen noch weiter in andere Formen von Arbeit transformirt werden kann. Zugleich müssen sich positive und negative Moleculararbeit in der durch das Verhältniss der erregenden und hemmenden Wirkungen bestimmten Folge über die Zeit vertheilen. Zunächst folgt also, dem Stadium der Unerregbarkeit entsprechend, eine Anhäufung vorräthiger Arbeit, wahrscheinlich dadurch dass der Reizanstoss zahlreiche Theilmolecüle aus ihren bisherigen Verbindungen löst. Hierauf beginnt eine Verbrennung, welche wohl von den losgerissenen Theilmolecülen ausgeht und dann die leicht verbrennlichen Bestandtheile der Nervenmasse überhaupt ergreift, wobei also eine grosse Menge vorräthiger sich in wirkliche Arbeit umwandelt. Geschieht diese Verbrennung sehr schnell, so überwiegt wieder während einer kurzen Zeit die negative Moleculararbeit, die Restitution complexer Molecüle (vorübergehende Hemmungen). Im allgemeinen aber bleibt nach dem Ablauf der Zuckung noch längere Zeit ein Ueberschuss positiver Moleculararbeit, der sich in der verstärkten Wirkung eines hinzutretenden zweiten Reizes kundgibt. Die nämlichen Curven, durch welche wir uns die Beziehungen von Erregung und Hemmung versinnlichten, gelten daher auch für das Verhältniss der positiven zur negativen

Moleculararbeit (Fig. 62, S. 253). Das Gleichgewicht zwischen beiden während des Ruhezustandes wird durch die Gleichheit der Anfangsordinaten $x\,a$, $x\,c$ und $x'\,b$, $x'\,d$ angedeutet. Im allgemeinen ist aber der innere Zustand des Nerven, nachdem der Reizungvorgang vorbei gegangen ist, nicht mehr genau derselbe wie vorher, denn es ist nicht nur in jedem Moment der Reizung das Gleichgewicht zwischen positiver und negativer Arbeit gestört, sondern es ist auch im Ganzen mehr an positiver Arbeit ausgegeben als an negativer, an Arbeitsvorrath gewonnen worden. Dies spricht sich darin aus, dass der Flächenraum der oberen Curve grösser als derjenige der untern ist, ein Unterschied, der um so bedeutender wird, je mehr der Nerv sich erschöpft. Mit der Zeit wird dieser immer unfähiger zu jener Restitution seiner zusammengesetzten Bestandtheile, auf welcher die Wiederherstellung seiner Arbeitsfähigkeit beruht. Der leistungsfähige Nerv erholt sich daher leichter, und je erschöpfter der Nerv schon ist, um so erschöpfender wirken neue Reizungen.

Von der ganzen Summe positiver Moleculararbeit, welche durch den Reiz im Nerven frei wird, wandelt sich ohne Zweifel immer nur ein Theil in erregende Wirkungen um oder geht, wie wir uns ausdrücken können, über in Erregungsarbeit, ein anderer Theil mag zu Wärme, ein dritter wieder zu vorräthiger (negativer) Arbeit werden. Die Erregungsarbeit ihrerseits wird nur zum Theil zur Auslösung äusserer Reizeffecte, Muskelzuckung oder Reizung von Ganglienzellen, verwendet, da während der Zuckung und nach derselben immer noch gesteigerte Reizbarkeit besteht. Ein neu hinzutretender Reiz findet also immer noch einen Ueberschuss von Erregungsarbeit vor. Erfolgt kein neuer Reizanstoss, so geht jener Ueberschuss höchst wahrscheinlich in Wärme über. Nachdem zunächst an der gereizten Stelle die Erregungsarbeit entstanden ist, wirkt sie auf die benachbarten Theile, wo nun ebenfalls die vorhandene Moleculararbeit sich theilweise in Erregungsarbeit umsetzt, u. s. f. Nun hat aber der durch den momentanen Reiz ausgelöste Vorgang immer eine längere Dauer. Während also Erregungsarbeit ausgelöst wird, fliessen der betreffenden Stelle neue Reizanstösse aus ihrer Nachbarschaft zu. So erklärt sich jenes Anschwellen der Erregung, welches wir bei der Reizung verschiedener Punkte des Nerven wahrnahmen.

Die Reizung durch den constanten Strom unterscheidet sich nun lediglich dadurch, dass bei ihr die Summen positiver und negativer Moleculararbeit nicht gleichförmig vertheilt sind, sondern dass, während der Strom geschlossen ist, in der Gegend der Anode die negative, in der Gegend der Kathode die positive Moleculararbeit überwiegt. Dieser Gegensatz wird begreiflich, wenn man erwägt, dass es hier offenbar die Elektrolyse ist, welche die inneren Veränderungen des Nerven herbeiführt. An

der positiven Elektrode werden elektronegative, an der negativen elektropositive Bestandtheile ausgeschieden. An beiden Orten wird also durch die Arbeit des elektrischen Stromes Dissociation herbeigeführt. In Folge derselben muss zunächst Arbeit verschwinden, aber sobald die losgerissenen Theilmolecüle die Neigung haben unter sich festere Verbindungen einzugehen, als aus denen sie ausgeschieden wurden, so kann auch die positive Moleculararbeit zunehmen, d. h. es kann ein Theil der verschwundenen Arbeit wieder gewonnen werden. Die Reizungserscheinungen führen nun zu dem Schlusse, dass das erstere regelmässig in der Gegend der Kathode, das zweite in der Nähe der Anode stattfindet. Die näheren chemischen Vorgänge sind uns hierbei noch unbekannt, aber an Beispielen eines analogen Kräftewechsels aus dem Gebiet der elektrolytischen Erscheinungen fehlt es nicht. So scheidet sich bei der Elektrolyse des Zinnchlorürs an der Kathode Zinn aus, in welchem die zu seiner Trennung angewandte Arbeit als Arbeitsvorrath verbleibt, an der Anode dagegen erscheint Chlor, das sich sogleich mit dem Zinnchlorür zu Zinnchlorid verbindet, wobei Wärme frei wird. Aehnliche Erfolge können überall eintreten, wo die Producte der Elektrolyse chemisch auf einander einwirken. Bei der Oeffnung des durch eine Nervenstrecke fliessenden Stromes erfolgt wegen der Polarisirung derselben eine schwächere elektrolytische Zersetzung in einer dem ursprünglichen Strom entgegengesetzten Richtung, die im Verein mit der allmäligen Ausgleichung der chemischen Unterschiede die Erscheinungen der Oeffnungsreizung verursacht.

Was die Beziehung der hier in ihrem allgemeinen Mechanismus geschilderten Vorgänge zu den elektrischen Veränderungen des gereizten Nerven betrifft, so ist die Thatsache beachtenswerth, dass nach den Untersuchungen von Bernstein[1]) die Schwankung des Nervenstroms, die einer momentanen Reizung des Nerven nachfolgt, durchschnittlich schon 0,0006—0,0007 Sec nach dem Eintritt des Reizes ihr Ende erreicht hat, somit vollständig in das Stadium der Unerregbarkeit des Nerven hineinfällt[2]). Die Schwankung hängt daher wahrscheinlich mit den hemmenden Kräften oder mit dem Uebergang positiver in negative Moleculararbeit zusammen.

Wir wenden uns zu den Reizungsvorgängen in der Ganglien-

---

[1]) Pflüger's Archiv f. Physiologie I, S. 190. Untersuchungen über den Erregungsvorgang im Nerven- und Muskelsysteme. Heidelberg 1871, S. 30.

[2]) Die Schwankung des Muskelstromes ist von etwas längerer Dauer: sie nimmt etwa 0,004'' in Anspruch (Bernstein, Untersuchungen S. 64), eine Zeit die aber gleichfalls noch innerhalb der Grenzen des Stadiums der Unerregbarkeit liegt.

zelle[1]. Hier gehen wir von der Reizung des Nerven aus und suchen zu ermitteln, in welcher Weise deren Verlauf abgeändert wird, wenn sie Ganglienzellen durchwandern muss. Am einfachsten lässt dieser Versuch folgendermassen sich ausführen. Man reizt zunächst durch einen Stromstoss von geeigneter Stärke eine motorische Nervenwurzel, deren Zusammenhang mit dem Rückenmark erhalten blieb; dann wird ebenso der centrale Stumpf einer sensibeln Wurzel gereizt, welche in gleicher Höhe und auf derselben Seite in das Mark eintritt. Die beiden Zuckungen werden vom Muskel aufgezeichnet, und zugleich wird der Versuch so eingerichtet, dass der Zeitpunkt der Reizung dem nämlichen Punkt der Abscissenlinie beider Zuckungscurven entspricht. Die Unterschiede im Eintritt und Verlauf der zwei Zuckungen geben dann ein unmittelbares Maass ab für den Einfluss der zwischenliegenden Ganglienzellen. Denn denken wir uns die Verbindung zwischen sensibler und motorischer Wurzel durch blosse Nervenfasern vermittelt, so würde bei der Kürze des Weges ein irgend erheblicher Unterschied der Zuckungen nicht zu erwarten sein.

Zunächst macht man nun hierbei die Beobachtung, dass es bedeutend stärkerer Reize bedarf, um von der sensibeln Wurzel aus Zuckung hervorzubringen. Wählt man möglichst instantane Stromstösse, z. B. Inductionsschläge, so ist es sogar häufig gar nicht möglich überhaupt Reflexzuckungen auszulösen, da man zu Strömen von solcher Stärke greifen müsste, dass Stromesschleifen auf das Rückenmark selbst befürchtet werden müssten. Ist nun aber die Reflexreizbarkeit gross genug, um den Versuch ausführen zu können, so wiederholen sich an den beiden Zuckungen im stark vergrösserten Maassstabe jene Unterschiede, die uns bei der Reizung zweier verschieden weit vom Muskel entfernter Stellen des Bewegungsnerven entgegengetreten sind (vgl. Fig. 56). Die Reflexzuckung tritt nämlich ausserordentlich verspätet ein, und sie ist von viel längerer Dauer. Wählen wir z. B. die beiden Reize so, dass die Zuckungshöhen gleich werden, so zeigen die zwei Curven den in Fig. 64 dargestellten Verlauf.

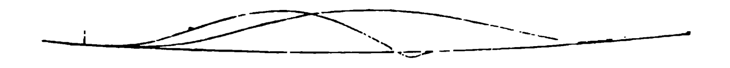


Fig. 64.

Ein wesentlicher Unterschied von den an verschiedene Stellen des motorischen Nerven ausgelösten Zuckungen liegt hier nur darin, dass, um der

[1] Die nachfolgenden Resultate sind Versuchen entnommen, die in der zweiten Abtheilung meiner Untersuchungen zur Mechanik der Nerven und Nervencentren ausführlicher dargestellt werden sollen.

Reflexzuckung die gleiche Höhe zu geben, nicht ein schwächerer, sondern ein stärkerer Reiz gewählt werden musste. Die Unterschiede im Verlauf der Erregung sind aber hier so bedeutend, dass sie ihren Charakter nicht ändern, wie man auch die Intensität der Reize wählen möge. Zwar nimmt mit der Verstärkung der Reize nicht nur die Höhe, sondern auch die Dauer der Reflexzuckungen zu, während sich die Zeit der latenten Reizung vermindert. Aber die schwächsten Reflexzuckungen zeigen immer noch eine verlängerte Dauer und die stärksten einen verspäteten Eintritt, auch wenn man jene mit den stärksten und diese mit den schwächsten directen Zuckungen vergleicht. Aus diesen Thatsachen folgt offenbar, dass die Ganglienzelle zunächst jede in ihr anlangende Reizung hemmt. Schwächere Reizungen können durch diese Hemmung ganz unterdrückt werden. Sobald aber einmal die Erregung zum Durchbruch kommt, so dauert diese in der Ganglienzelle länger an, als in der Nervenfaser. Nun haben wir gesehen, dass auch in der letzteren die Reizung zunächst hemmende Kräfte auslöst, welche das Anwachsen der Erregung eine Zeit lang zurückhalten. Der Verlauf der Erregung in der Ganglienzelle scheint sich also nur dadurch zu unterscheiden, dass bei ihm alle Stadien von grösserer Dauer sind. Dies wird begreiflich, wenn wir annehmen, dass vor allem die hemmenden, ausserdem aber auch die erregenden Kräfte eine grössere Stärke besitzen. Auf die Macht der Hemmung weist die geringere Reizbarkeit und die lange Dauer der latenten Reizung, auf die Grösse der Erregung die längere Dauer der Zuckung hin.

Die Ganglienzelle besitzt in hohem Grade die Eigenschaft, dass die Effecte der ihr zugeführten Reize sich anhäufen und verstärken. Schwache Reize, welche vereinzelt spurlos vorübergehen, können daher, wenn sie öfter wiederholt werden, schliesslich Reflexzuckungen auslösen. Aus diesem Grunde ohne Zweifel ist der constante Strom ein wirksamerer Reflexreiz als ein einzelner Stromstoss. Namentlich aber verfehlen selbst die schwächsten Stromstösse, wenn sie oft wiederholt den sensibeln Nerven treffen, selten schliesslich einen Reflex herbeizuführen; doch können mehrere Secunden und selbst Minuten verfliessen, bis dieser Effect eintritt. Auch in dieser Beziehung kann jedoch kein fundamentaler Unterschied vom Verhalten des Nerven behauptet werden. Eine Summation der Reizwirkungen kann bei dem letzteren ebenfalls stattfinden, nur ist sie bei ihm auf eine viel kürzere Zeit beschränkt, ein Unterschied welcher augenscheinlich unmittelbar mit dem verschiedenen Verlauf der Erregung zusammenhängt. Die früher (Cap. IV, S. 117 f.) erwähnte veränderte Reizbarkeit der centralen Nervensubstanz steht offenbar mit diesen Erscheinungen in unmittelbarer Verbindung. Denn dort schon wurden wir zu der Vorstellung geführt, dass in der grauen Substanz schwache oder rasch vorübergehende

Reize latent werden, dass dieselbe aber anderseits zu einer Häufung der ihr zugeführten Reize vorzugsweise disponirt ist.

Diese nächsten Ergebnisse der Reizungsversuche werden nun bestätigt und erweitert durch diejenigen Erscheinungen, welche wir unter solchen Bedingungen auftreten sehen, unter denen die Reizbarkeit der Ganglienzellen in ungewöhnlicher Weise gesteigert wird. Solche Steigerungen der Reflexreizbarkeit können durch sehr verschiedene Ursachen herbeigeführt werden. Die den physiologischen Verhältnissen nächstliegende ist die oft wiederholte Reizung, die wirksamste die Vergiftung mit gewissen, die centrale Nervensubstanz direct alterirenden Stoffen. In beiden Fällen gleichen sich die eintretenden Erscheinungen vollständig, nur dass die oft wiederholte Reizung ein unsicheres Mittel ist und niemals eine so enorme Steigerung der Reizbarkeit gestattet, wie sie bei der Vergiftung möglich ist. Unter den verschiedenen Nervengiften ist aber wieder, wie längst bekannt, das Strychnin das wirksamste Reflexgift. Es verdankt diese Eigenschaft wahrscheinlich dem Umstande, dass seine Wirkung sich fast ganz auf die Ganglienzellen des Rückenmarks beschränkt, während andere Nervengifte theils auf die höheren Nervencentren, theils auf die peripherischen Nerven Wirkungen ausüben, welche den Einfluss auf das Rückenmark ganz oder theilweise aufheben.

Die Wirkungen der Vergiftung sind nun im allgemeinen folgende: 1) Es genügen viel schwächere Reize, um Reflexzuckung auszulösen, bald wird sogar eine Grenze erreicht, wo die Reflexreizbarkeit grösser wird als die Reizbarkeit des motorischen Nerven. 2) Schon bei den schwächsten Reizen, die eben Zuckung erregen, ist diese höher und namentlich länger dauernd als unter normalen Verhältnissen, bei gesteigerter Giftwirkung geht sie sehr bald in eine tetanische Contraction über. 3) Der Eintritt der Zuckung wird immer mehr verspätet, so dass die Zeit der latenten Reizung auf mehr als das Doppelte ihrer gewöhnlichen Dauer vergrössert werden kann. Zugleich nehmen die Unterschiede in der Zeit der latenten Reizung bei starken und schwachen Reizen enorm zu: auf der Höhe der

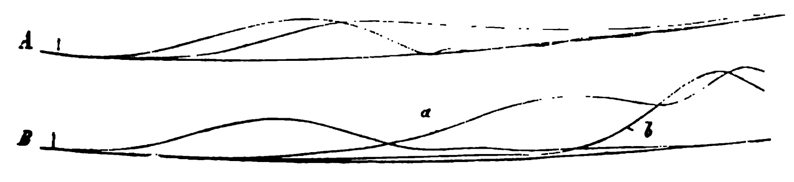


Fig. 65.

Giftwirkung zeigt der Reflextetanus kaum Gradunterschiede mehr, ob man die stärksten oder die schwächsten Reize wählen möge, aber bei den letzteren ist der Eintritt desselben ausserordentlich verspätet. Die Fig. 65

zeigt ein Beispiel dieser Veränderungen. Die Curve *A* ist im Anfang der Giftwirkung, die Curven *B* sind auf der Höhe derselben gezeichnet, *a* wurde durch einen stärkeren, *b* durch einen schwächeren momentanen Reiz ausgelöst; in beiden Fällen ist wieder zur Vergleichung eine directe Zuckung ausgeführt worden.

Diese Verlängerung der latenten Reizung steht ohne Zweifel in unmittelbarem Zusammenhang mit der gesteigerten Reizbarkeit. In der durch das Gift veränderten Ganglienzelle kann offenbar der Reiz eine längere Zeit nachwirken, um, nach Ueberwindung der anfänglichen Hemmung, zuletzt die Erregung auszulösen. Es tritt hier etwas ähnliches ein, wie bei der Summirung der Reizungen, nur fällt die Wiederholung des äussern Reizes hinweg. Wir müssen demnach annehmen, dass der Reiz in der veränderten Ganglienzelle eine Menge auf einander folgender Reizungen hervorbringt, welche sich summirend schliesslich Erregung bewirken. Dies führt zu der Vorstellung, dass in Folge der Veränderung die hemmenden Kräfte nicht merklich alterirt worden sind, dass aber die erregenden Kräfte nicht, wie es im normalen Zustande geschieht, alsbald nach ihrem Freiwerden ganz oder grossentheils wieder gebunden werden, sondern dass sie allmälig sich ansammeln.

In entgegengesetzter Weise werden jene äussern Einflüsse wirken, welche wir schon im vorigen Capitel als hemmende kennen lernten. Wir sehen solche hemmende Wirkungen eintreten, wenn sensorische Theile, mit denen die betreffenden Ganglienzellen irgendwie in Verbindung stehen, erregt werden. Nur bei der Reizung der in gleicher Höhe und auf derselben Seite entspringenden sensibeln Wurzelfasern erfolgt nicht Hemmung, sondern Summirung der Erregungen (S. 174). Hieraus ergibt sich, dass das Erscheinen der Hemmung von der V e r b i n d u n g s w e i s e der centralen Gebilde abhängt. Da aber die Verbindungen, so viel wir wissen, durch die Faserfortsätze der Ganglienzellen vermittelt werden, so kann diese Thatsache wohl auch so ausgedrückt werden: von dem Verhältniss, in welchem die einzelnen Fortsätze einer Zelle zu einander stehen, hängt es ab, ob in derselben die Reizungsvorgänge sich summiren oder hemmen. Vielleicht dass dereinst hierin die verschiedene Ursprungsform der Zellenfortsätze ihre Erklärung findet. Bis jetzt lassen sich aber in dieser Beziehung kaum Vermuthungen äussern. Gewisse Ursprungsformen gibt es jedenfalls, welche ein totales Verschwinden der Reizeffecte in den Ganglienzellen mit sich führen. Solcher Art müssen wir uns offenbar die Verbindung der motorischen Wurzelfasern mit den grossen Zellen der Vorderhörner denken, da Reizung jener Fasern centralwärts nie über die genannten Zellen sich ausbreitet.

Man hat den Versuch gemacht, sich die hemmende Wirkung als eine Art Interferenz der Reizungen vorzustellen. Denkt man sich den Reizungsvorgang als eine oscillatorische Bewegung, so könnten sich unter Umständen die auf einander stossenden Reizwellen ganz oder theilweise auslöschen [1]. Aber diese Annahme, die zudem über das einfache Auslöschen der Reizung, wie es z. B. in den vordern Ganglienzellen des Rückenmarks in Bezug auf die motorischen Reizungen stattfindet, gar keine Rechenschaft geben würde, findet in den uns über den Verlauf der Erregung bekannt gewordenen Thatsachen keine Stütze. Dagegen liegt es nahe auch jene Hemmungen complicirter Reizeffecte, wie sie uns z. B. bei der Reflexhemmung entgegentreten, auf die fortwährend in der Nervensubstanz wirksamen hemmenden Kräfte zurückzuführen. Hierbei ist nur die Voraussetzung erforderlich, dass es gewisse Verbindungsweisen der Fasern mit den Zellen gibt, wobei die den letzteren zugeführte Reizung so sehr die hemmenden Kräfte innerhalb der Zellen frei macht, dass dadurch nicht nur die durch die nämliche Reizung ausgelösten, sondern auch die etwa von andern Wegen her zugeführten Erregungen ausgelöscht werden. Eine Unterstützung findet diese Annahme theils in dem mehrfach erwähnten Beispiel der motorischen Zellen des Rückenmarks, theils in der Thatsache, dass schwächere Reizungen in allen Ganglienzellen verschwinden. Hemmung ist somit ein Erfolg, der allgemein bei der Reizung der Ganglienzellen von ihren Nerven aus eintritt. Vollständig gehemmt wird die von den motorischen Nerven in den Zellen der Vorderhörner anlangende Reizung. Die Zellen der Hinterhörner wirken in der Richtung derjenigen Fasern, welche in den Hintersträngen nach oben laufen, weniger hemmend als in der Richtung der Verbindungsfasern mit den Vorderhörnern. Von den Ganglienzellen des Gehirns, namentlich der Hirnrinde, können wir nach den Verhältnissen ihrer Reizbarkeit vermuthen, dass sie hemmende Wirkungen äussern, die aber wohl ebenfalls nach verschiedenen Richtungen von verschiedener Stärke sind und so die Ursache sein mögen, dass bestimmte Zellengebiete zu gemeinsamer Function sich vereinigen.

Wir wollen es versuchen diese Vorstellungen in ein anschauliches Bild zu bringen, indem wir die nämliche Molecularhypothese, aus der wir die Reizungsvorgänge im Nerven ableiteten, auch hier anwenden. Vorläufig wollen wir für die Ganglienzelle einen ähnlichen stationären Zustand voraussetzen, wie er für den Nerven angenommen wurde, einen Zustand also, bei dem die Leistung positiver und negativer Moleculararbeit im

[1] Auf diesen Gedanken hat E. Cyon eine Theorie der centralen Hemmungen gegründet. (Bulletin de l'acad. de St. Petersbourg. VII. Dec. 1870.) Die thatsächlichen Grundlagen derselben, die sich auf die Gefässinnervation beziehen, hat Heidenhain angefochten. (Pflüger's Archiv f. Physiologie IV. S. 551.)

Gleichgewicht stehen. Durch den zugeführten Reiz werden nun wieder beide Arbeitsmengen vergrössert werden. Aber alles deutet darauf hin, dass zunächst die Vergrösserung der negativen Moleculararbeit bedeutend überwiegt, daher ein momentaner Reizanstoss in der Regel gar keine Erregung auslöst. Wiederholen sich jedoch die Reize, so wird bei den folgenden allmälig die negative im Verhältniss zur positiven Moleculararbeit verringert, bis endlich die letztere so weit angewachsen ist, dass Erregung entsteht.

Wir können uns demnach vorstellen, dass in der gereizten Ganglienzelle regelmässig ein analoger Vorgang statthat, wie er sich im Nerven bei der Schliessung des constanten Stromes an der Anode entwickelt. Unter der Wirkung des Reizes geschehen solche Vorgänge, die in der Ueberführung festerer in losere Verbindungen, also in der Anhäufung vorräthiger Arbeit bestehen, in gesteigertem Maasse. Aber während bei der Wirkung des Stromes auf den Nerven die elektrolytische Action wahrscheinlich solche Zersetzungen einleitet, die normaler Weise im Nerven nicht stattfinden, müssen wir wohl annehmen, dass die Reizung der Ganglienzelle nur die ohnehin vorzugsweise auf Bildung complexer chemischer Molecüle, also auf Ansammlung vorräthiger Arbeit gerichtete Wirksamkeit derselben steigert. Es führt uns dies auf einen wesentlichen Unterschied der Nervenfasern von den centralen Zellen, auf welchen auch andere physiologische Erwägungen hinweisen. Die Ganglienzellen sind nämlich die eigentlichen Werkstätten jener Stoffe, welche die Nervenmasse zusammensetzen. In den Nervenfasern werden diese Stoffe in Folge der physiologischen Function zum grössten Theile verbraucht, aber sie können in ihnen, wenn wir von jener ungenügenden und theilweisen Restitution absehen, wie sie bei jeder Reizung die Zersetzung begleitet, offenbar nicht gebildet werden. Denn getrennt von ihren Ursprungszellen verlieren die Fasern ihre nervösen Bestandtheile, und die Wiedererneuerung der letzteren muss von den Centralpunkten ausgehen[1]. Auch im Zustand der Functionsruhe besteht demnach in der Ganglienzelle kein völliges Gleichgewicht des Stoff- und Kräftewechsels. Aber die Abweichung findet hier im entgegengesetzten Sinne statt als in der Nervenfaser. In der letzteren prävalirt die Bildung definitiver Verbrennungsproducte, bei welcher stets positive Arbeit geleistet wird; in der Zelle hat die Erzeugung complexer Verbindungen, in denen sich vorräthige Arbeit ansammelt, das Uebergewicht. So wahr es ist, dass im Thierkörper im Ganzen die positive Arbeitsleistung, also die Verbrennung der complexen organischen Verbindungen, die Oberhand hat, so ist es doch eine durchaus falsche Auffassung, wenn man diese Art des Stoff-

[1]) Vgl. S. 107.

und Kräftewechsels als die ausschliessliche ansah. Vielmehr finden nebenbei immer noch Reductionen, Auflösungen festerer in losere Verbindungen statt, wobei negative Arbeit geleistet, d. h. Arbeitsvorrath angesammelt wird. Gerade das Nervensystem ist eine wichtige Stätte solcher Anhäufung vorräthiger Arbeit. In die Bildung der Nervensubstanz gehen Verbindungen ein, welche theilweise zusammengesetzter sind als die Nahrungsstoffe, aus denen sie herstammen, und welche einen ausserordentlich hohen Verbrennungswerth besitzen, in denen also eine grosse Menge vorräthiger Arbeit verborgen ist. Die Ganglienzellen, die Bildnerinnen dieser Verbindungen, gleichen in gewissem Sinne den Pflanzenzellen. Auch sie sammeln vorräthige Arbeit auf, welche, nachdem sie beliebig lange latent geblieben, wieder in wirkliche Arbeit übergeführt werden kann. So sind die Ganglienzellen die Vorrathsstätten für künftige Leistungen. Die Hauptverbrauchsorte der von ihnen aufgesammelten Arbeit aber sind die peripherischen Nerven und ihre Endorgane.

Das verschiedene Verhalten der Zellen gegen Reize, welche sie treffen, weist uns nun ferner darauf hin, dass es in jeder Zelle zweierlei Gebiete gibt, deren eines sich in seinem Verhalten gegen Reize dem der peripherischen Nervensubstanz verwandter zeigt, während das andere davon in höherem Grade abweicht. Wir wollen jenes die peripherische, dieses die centrale Region der Ganglienzelle nennen, womit übrigens keine Bestimmung über die räumliche Lage der beiden Gebiete gegeben sein soll. Die centrale Region ist, so nehmen wir an, vorzugsweise die Werkstätte jener complexen Verbindungen, welche die Nervensubstanz bilden, und damit der Ansammlungsort vorräthiger Arbeit. Eine ihr zugeführte Reizbewegung beschleunigt nur die Molecularvorgänge in der ihnen einmal angewiesenen Richtung und verschwindet daher ohne äusseren Effect. Anders in der peripherischen Region. Sie nimmt zwar auch noch Theil an der Verwandlung wirklicher in vorräthige Arbeit, aber ausserdem findet sich in ihr bereits ein intensiverer Stoffverbrauch mit Arbeitserzeugung, wobei ein Theil des Verbrauchsmaterials ihr von der centralen Region aus zufliesst. Wird sie von einem Reize getroffen, so wird zunächst auch hier die negative Moleculararbeit in höherem Grade als die positive gesteigert. Doch während die erstere bald wieder auf ihre gewöhnliche Grösse herabsinkt, dauert die letztere länger an, sie kann daher entweder nach einem grösseren Zeitraume der Latenz oder wenigstens falls neue Reizanstösse hinzutreten Erregung hervorbringen. Auch hier wird übrigens, wie beim Nerven, immer nur ein Theil der positiven Moleculararbeit in Erregungsarbeit und wiederum nur ein Theil der letzteren in äussere Erregungseffecte übergehen, ein anderer Theil der positiven Moleculararbeit wird wieder in negative zurückkehren, die Erregungsarbeit kann ganz oder theil-

weise in andere Formen von Molecularbewegung verwandelt werden. Ferner wird, sobald einmal Erregung entstanden ist, die angehäufte Erregungsarbeit verhältnissmässig rasch aufgebraucht, analog einer explosiven Zersetzung. Entsprechend der stärkeren Hemmung hat sich jedoch eine grössere Summe von Erregungsarbeit anhäufen können und ist demgemäss auch der auftretende Reizeffect ein stärkerer als bei der Reizung des Nerven. Die reizbare Region der Ganglienzelle und die peripherische Nervensubstanz verhalten sich in dieser Beziehung etwa ähnlich wie ein Dampfkessel mit schwer beweglichem und ein solcher mit leicht beweglichem Ventil. Dort muss die Spannkraft der Dämpfe zu einer bedeutenderen Grösse anwachsen, bis das Ventil bewegt wird, der Dampf entströmt dann aber auch mit grösserer Kraft. Wahrscheinlich zeigt übrigens die peripherische Region der Ganglienzelle in verschiedenen Fällen ein verschiedenes Verhalten, indem sie bald mehr, bald weniger der peripherischen Nervensubstanz sich annähert. So werden z. B., wie schon bemerkt, die durch die Ganglienzellen der Hinterhörner nach oben geleiteten sensibeln Erregungen weniger verändert als die ausserdem durch die Ganglienzellen der Vorderhörner vermittelten Reflexerregungen. Es mag sein, dass diese Unterschiede durch die Zahl centraler Zellen, welche die Reizung durchlaufen muss, bedingt sind. Es ist aber auch denkbar, dass zwischen denjenigen Gebieten der Ganglienzelle, welche wir centrale und peripherische Region genannt haben, ein allmäliger Uebergang stattfindet, und dass gewisse Fasern in mittleren Regionen endigen, in welchen zwar die Hemmung keine vollständige, aber doch die Fortpflanzung der Reizung bedeutender erschwert ist.

Jene eigenthümliche Steigerung der Reflexreizbarkeit, welche durch wiederholte Reize oder durch Giftwirkungen herbeigeführt wird, lässt nun so sich deuten, dass in Folge dieser Einflüsse die einmal ausgelöste positive Moleculararbeit nicht mehr oder unvollständiger als gewöhnlich wieder in negative zurückverwandelt werden kann. In Folge dessen häuft sie so lange sich an, bis Erregung entsteht. Mit andern Worten: die genannten Einwirkungen hindern die Restitution der Gangliensubstanz, und sie machen es dadurch verhältnissmässig schwachen äusseren Anstössen möglich eine rasch um sich greifende Zersetzung herbeizuführen, in Folge deren die vorräthigen Kräfte in kurzer Zeit erschöpft werden.

Die Erscheinungen der wechselseitigen Hemmung solcher Erregungen, die von verschiedenen Seiten her den nämlichen Ganglienzellen zugeführt werden, sowie die Thatsache, dass durch gewisse Zellen die Reizung nur in einer Richtung sich fortpflanzt, in der entgegengesetzten aber gehemmt wird, machen endlich noch folgende Annahmen nöthig. Reizungen, welche die centrale Region einer Ganglienzelle er-

greifen, führen eine Fortpflanzung der hier stattfindenden Molecularvorgänge auf die peripherische Region herbei, ebenso bedingen Reizungen, welche die peripherische Region treffen, eine Ausbreitung der hier ausgelösten Molecularbewegung über die centrale Region. Die innere Wahrscheinlichkeit dieses Satzes erhellt aus der bekannten Thatsache, dass alle chemischen Vorgänge, bei denen der Gleichgewichtszustand complexer Moleküle einmal gestört worden ist, gleichsam eine Tendenz zu ihrer Ausbreitung in sich tragen. Die Explosion der kleinsten Menge von Chlorstickstoff genügt, um viele Pfunde dieser Substanz zu zersetzen, und ein einziger glühender Span kann das Holz eines ganzen Waldes verbrennen. Im vorliegenden Fall könnte nur darin eine Schwierigkeit zu liegen scheinen, dass jedesmal je nach der Richtung über eine und dieselbe Masse entgegengesetzte Molecularvorgänge sich ausbreiten. Aber wir müssen erwägen, dass diese Vorgänge in jeder Region der Zelle fortwährend neben einander bestehen, und dass, wie schon der fortwährende Austausch der Stoffe verlangt, zwischen beiden Regionen ein continuirlicher und allmäliger Uebergang stattfindet. Es mag hier wieder an das Beispiel des durch den constanten Strom veränderten Nerven erinnert werden. Im Bereich der Anode überwiegen hemmende, im Bereich der Kathode erregende Molecularvorgänge. Aber durch Prüfungsreize von verschiedener Stärke lässt sich nachweisen, dass an der Anode nicht nur die Hemmung, sondern auch die Erregung gesteigert ist, und anderseits pflanzt sich der hemmende Vorgang bei wachsender Stromstärke bis zur Kathode und noch über dieselbe hinaus fort. (Vgl. S. 250.)

Aehnlich nun, müssen wir uns vorstellen, breiten sich auch in der Ganglienzelle die Molecularvorgänge aus. Wird also durch einen der centralen Region zugeführten Reiz hier verstärkte negative Moleculararbeit ausgelöst, so ergreift dieser Vorgang auch die peripherische Region; umgekehrt wenn in dieser durch den Reiz die positive Moleculararbeit so anwächst, dass Erregung entsteht, so zieht die letztere auch die centrale Region in Mitleidenschaft. So können wir uns z. B. das Verhalten der Ganglienzellen in den Hinter- und Vorderhörnern des Rückenmarks zu den ein- und austretenden Fasern durch die Fig. 66 veranschaulichen. *M* soll eine Zelle des Vorderhorns, *S* eine solche des Hinterhorns bedeuten. *c* und *c'* seien die centralen, *p* und *p'* die peripherischen Regionen derselben. In

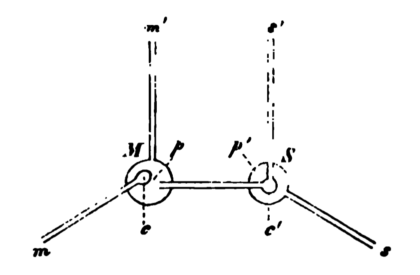


Fig. 66.

der Vorderhälfte des Marks kann die Reizung nur von *m'* nach *m*, innerhalb der hinteren Hälfte nur von *s* nach *s'* sich fortpflanzen, der von *m* oder *s'* ausgehende Reiz dagegen wird in *c*, *c'* gehemmt. Eine Uebertragung der Reizung zwischen *S* und *M* aber kann nur in der Richtung von *S* nach *M* stattfinden, nicht umgekehrt, weil der bei *m* einwirkende Reiz in *c* erlischt, der bei *m'* einwirkende kann zwar bis *c'* geleitet werden, muss aber hier ein Ende finden, weil, wie wir voraussetzen, die centrale Region einer Zelle immer nur von ihrer eigenen peripherischen Region aus in die Molecularbewegung der Erregung versetzt werden kann. Endlich muss die von *s* ausgehende Reflexerregung durch eine bei *s'* einwirkende Reizung gehemmt werden, weil die in *c'* entstehende Molecularbewegung der Hemmung auf die peripherische Region sich auszubreiten strebt, wodurch die hier beginnende Erregung ganz oder theilweise aufgehoben wird.

Auch die Reizerfolge peripherischer Ganglien, wie des Herzens, der Blutgefässe, des Darmes, ordnen sich ungezwungen diesen Gesichtspunkten unter. Ob die Reizung der zu solchen Ganglien tretenden Nerven Erregung oder Hemmung zur Folge hat, wird ebenfalls von ihrer Verbindungsweise mit den Ganglienzellen abhängen. Die Hemmungsfasern des Herzens werden also z. B. in der centralen, die Beschleunigungsfasern in der peripherischen Region der Ganglienzellen dieses Organs endigen; verschiedene Apparate für beide Vorgänge anzunehmen, ist nicht erforderlich. Modificirt wird der Erfolg der Reizung nur dadurch, dass jene Ganglien sich gleichzeitig in einer fortwährenden automatischen Reizung befinden, so dass die von aussen herzutretenden Nerven nur regulatorisch auf die Bewegungen wirken. Uebrigens zeigen auch hier die Ganglienzellen die Eigenschaft der Ansammlung und Summation der Reize. Starke Erregung der Hemmungsnerven des Herzens verursacht zwar nach sehr kurzer Zeit Herzstillstand, bei etwas schwächeren Reizungen tritt aber dieser erst nach mehreren Herzschlägen ein. Noch deutlicher ist dieselbe Erscheinung bei den Beschleunigungsnerven, wo regelmässig mehrere Secunden nach Beginn der Reizung verfliessen, bis eine merkliche Beschleunigung eintritt. Anderseits wirkt aber auch der Reiz, nachdem er aufgehört hat, immer noch längere Zeit nach, indem das Herz erst allmälig zu seiner früheren Schlagfolge zurückkehrt.

In diesen peripherischen Centraltheilen sind die Verhältnisse offenbar noch viel einfacher, theils weil die Ganglienzellen weniger complicirte Verbindungen mit einander eingehen, theils weil in Folge der einfacheren Structurbedingungen eine gewisse Veränderlichkeit der functionellen Eigenschaften hinwegfällt, die beim Gehirn und Rückenmark zu erkennen ist. In diesen Centralorganen können nämlich, wie die Erscheinungen der

stellvertretenden Function und der Uebung zeigen, die Leitungsbedingungen unter Umständen ausserordentlich wechseln. Wenn in gewissen Theilen des Centralorgans die Hauptbahn unterbrochen wird, so kann irgend ein anderer, bisher untergeordneter Leitungsweg zur Hauptbahn sich ausbilden[1]. Ebenso lehren die Einflüsse der Uebung, dass combinirte Bewegungen, deren erste Ausführung schwierig und nur unter steter Controle des Willens möglich war, allmälig immer leichter und zuletzt vollkommen unwillkürlich ausgeführt werden. In allen diesen Fällen handelt es sich aber um Leitungen, welche zum Theil auch durch Ganglienzellen, die in den Verlauf von Nervenfasern eingeschoben sind, vermittelt werden. Es beweisen demnach die in Rede stehenden Erscheinungen, dass, wenn ein Erregungsvorgang durch eine Ganglienzelle in bestimmter Richtung häufig geleitet wird, hierdurch diese Richtung auch bei künftigen Reizungen, welche die nämliche Zelle treffen, vorzugsweise zur Leitung disponirt wird. In die Ausdrücke der oben entwickelten Hypothese übersetzt, würde dies bedeuten, dass die oft wiederholte Leitung in einer bestimmten Richtung auf dem der letzteren entsprechenden Weg mehr und mehr der centralen Substanz die der peripherischen Region eigenthümliche Beschaffenheit verleiht. Eine derartige Umwandlung steht nun in der That durchaus im Einklang mit den allgemeinen Gesetzen der Reizung. Schon im peripherischen Nerven nehmen, wenn ein Reiz wiederholt denselben trifft, die hemmenden Kräfte immer mehr ab: zunächst, so lange die Leistungsfähigkeit nicht erschöpft wird, steigt daher die Reizbarkeit mit oft wiederholter Reizung. Die letztere führt also augenscheinlich allgemein eine Umwandlung der Nervensubstanz mit sich, wobei diese die Eigenschaft einbüsst, jene mit der Restitution der inneren Kräfte verbundene hemmende Wirkung auszuüben, welche vorzugsweise den centralen Elementartheilen zukommt. —

Unsere Betrachtung der physiologischen Eigenschaften des Nervensystems hat begonnen mit der Thatsache, dass dieses System den Centralheerd aller physiologischen Functionen bildet, ebenso wie die Gesammtheit der Entwicklungsvorgänge von ihm auszugehen scheint. Die Mechanik der Nervenelemente hat uns nun die allgemeine Erklärung jenes Satzes geliefert. In den Ganglienzellen sammelt der Thierkörper vorzugsweise vorräthige Arbeit, die zu künftiger Verwendung bereit liegt. Der Reichthum dieses Vorraths und die Form seiner Aufsammlung wird bestimmt

[1] Vgl. S. 124, 162.

theils durch die ursprüngliche Bildung des Nervensystems, die Erbschaft früherer Geschlechter, theils durch die Einwirkungsart der von aussen auf dasselbe einströmenden Sinnesreize. Die letzteren können ebenfalls entweder in den Centraltheilen latent werden, indem sie lediglich innere Vorgänge auslösen, oder sie können unmittelbar in äussere Arbeit, in Erregung der Nerven und Muskeln sich umsetzen, Vorgänge, die ihrerseits wieder gleich den Sinnesreizen nach innen zurückwirken. So steht jene Centralstätte der physiologischen Leistungen unter dem fortwährenden verändernden Einfluss äusserer Begegnungen. Die zwei Grundeigenschaften des Nervensystems aber, äussere Eindrücke aufzunehmen, um in seiner eigenen inneren Anlage durch dieselben mitbestimmt zu werden, und aufgesammelten Arbeitsvorrath theils unter dem unmittelbaren, theils unter dem fortwirkenden Einfluss äusserer Eindrücke in Bewegungen umzusetzen: diese zwei Grundeigenschaften sind es, auf welche die beiden psychologischen Grundfunctionen, die Sinnesvorstellung und die spontane Bewegung, zurückweisen, deren specieller Betrachtung wir in den folgenden Abschnitten uns zuwenden.

Zweiter Abschnitt.

Von den Empfindungen.

Siebentes Capitel.

Allgemeine Eigenschaften der Empfindung.

Indem wir die Betrachtung des inneren Geschehens mit den einfachsten Erscheinungen desselben zu beginnen suchen, sehen wir uns sogleich zu dem Geständnisse genöthigt, dass sich das Einfache selbst niemals unserer Beobachtung darbietet, sondern immer erst aus den verhältnissmässig verwickelten Verbindungen, die es eingeht, gesondert werden muss. Diejenigen psychologischen Elemente, welche den Charakter einfachster Erscheinungen zweifellos an sich tragen, sind aber die reinen Empfindungen. Wir verstehen unter ihnen die ursprünglichsten Zustände, welche der Mensch in sich findet, losgetrennt von allen Beziehungen und Verbindungen, die das entwickelte Bewusstsein immer ausführt. In dieser Abstraction gedacht, besitzt die Empfindung einzig und allein Intensität und Qualität als nähere Bestimmungen. Dagegen bleibt vorerst ausser Betracht ihre zeitliche Dauer, weil die Zeitanschauung erst beim Wechsel der Empfindungen und Vorstellungen sich ausbildet. Ebenso sehen wir noch ganz und gar ab von den räumlichen Beziehungen, in denen gewisse Empfindungen stets unserer Selbstbeobachtung gegeben sind, weil solche, wie sich später zeigen wird, immer aus der Wechselwirkung einer Mehrheit von Empfindungen hervorgehen. Die so definirte reine Empfindung ist also nichts weiter als ein nach Stärke und Qualität veränderliches

inneres Sein, das wir uns etwa mittelst der Fiction einer so eben in Wirksamkeit tretenden CONDILLAC'schen Statue verdeutlichen können [1]).

Von einer Zurückführung auf gesonderte Ursprungsquellen, wie die spätere, zum Theil erst die wissenschaftliche Reflexion sie ausführt, liegt nichts in der ursprünglichen Empfindung. Ob diese von äusseren oder von inneren, in den Organen selbst erzeugten Reizen herstammt, darüber entscheidet erst das entwickelte Selbstbewusstsein. Die Frage vollends, ob sie in einer peripherischen oder in einer centralen Erregung ihre Ursache habe, ist immer nur auf Grund physiologischer Nachforschungen zu entscheiden, da das natürliche Bewusstsein auch die aus centraler Erregung entspringenden Empfindungen [2]) peripherisch localisirt. Von den eigentlichen Empfindungen hat man zuweilen diejenigen ausgeschieden, welche auf einen Zustand des empfindenden Subjects bezogen werden, und dieselben als sinnliche Gefühle bezeichnet. Aber da diese Beziehung kein ursprünglicher Act ist, so kann auch der auf sie gegründeten Unterscheidung nur eine secundäre Bedeutung beigelegt werden. Jedes Gefühl hat eine Empfindung als Grundlage, und es beruht wesentlich nur auf der Beziehung, in die unser entwickeltes Bewusstsein die Empfindung bringt, wenn wir sie im einen Fall ein Gefühl, in einem andern eine Empfindung nennen. Auch die eigentlichen Empfindungen, wie die des Gesichts, des Gehörs, sind häufig von deutlichen Gefühlen begleitet. Zum mindesten liegt in vielen der zusammengesetzten Vorstellungen der genannten Sinne die bestimmte Hindeutung auf sinnliche Gefühle, welche die elementaren Factoren ästhetischer Wirkungen bilden. Bei andern Sinnen, wie dem Getast, dem Geruch und Geschmack, ist die gleichzeitige Beziehung eines und desselben Vorgangs auf einen äussern Reiz und auf einen subjectiven Zustand so augenfällig, dass schon der gewöhnliche Sprachgebrauch hier die Bezeichnungen Empfindung und Gefühl untermischt anwendet. Demnach ist es offenbar das naturgemässe, die Empfindung als den ursprünglichen Begriff hinzustellen und jeder Empfindung gleichzeitig einen bestimmten Gefühlston beizulegen, wobei jedoch der letztere mehr zurück- oder mehr in den Vordergrund treten kann. Hierauf beruht dann die gewöhnliche Unterscheidung der Empfindungen im engeren Sinne und der sinnlichen Gefühle. Als ursprünglichen Inhalt des Bewusstseins betrachten wir also stets die reine Empfindung. Sie ist das Element, aus welchem alle andern Producte des Bewusstseins hervorgehen. An jeder Empfindung

---

[1]) Unter seiner Statue dachte sich CONDILLAC bekanntlich einen mit der Fähigkeit der Empfindungen begabten, aber durch eine Marmorhülle gegen alle Sinnesreize geschützten Menschen, dessen verschiedene Sinnesorgane dann successiv äussern Einwirkungen geöffnet wurden. CONDILLAC, traite des sensations, préface.

[2]) Vgl. Cap. V, S. 184.

können wir aber Intensität, Qualität und Gefühlston oder sinnliches Gefühl unterscheiden. Unter ihnen bilden die beiden ersten wieder die ursprünglicheren Bestandtheile. Denn von ihnen können wir nicht abstrahiren, wogegen der Gefühlston hinwegfällt, sobald man die Empfindung an und für sich betrachtet, ohne Rücksicht auf das Bewusstsein, in welches sie eingeht.

Die allgemeinen Ursachen der Empfindung sind die Empfindungsreize. Sie sind entweder äussere Vorgänge, welche auf die der Aussenwelt zugekehrten Organe einwirken, oder Zustandsänderungen, welche im Organismus selbst entstehen. Man unterscheidet daher äussere und innere Empfindungsreize. Diejenigen Organe, welche äusseren Reizen unmittelbar zugänglich sind, pflegt man im engern Sinne die Sinnesorgane zu nennen und deren fünf zu unterscheiden, den gewöhnlich angenommenen fünf Sinnen, Getast, Gesicht, Gehör, Geruch und Geschmack, entsprechend. Auch in diesen Sinnesorganen können sich innere Reize entwickeln, welche in den Structurbedingungen oder in Zustandsänderungen der Organe ihre Ursache haben. Aber solche innere Reize, wie sie z. B. in Auge und Ohr durch den Druck, welchem die empfindenden Flächen ausgesetzt sind, in der Haut durch die wechselnde Erfüllung mit Blut und die damit verbundene Temperaturänderung entstehen, sind hier von untergeordneter Bedeutung. Andere Organe dagegen sind ausschliesslich inneren Reizen zugänglich. Hierher gehören im allgemeinen alle diejenigen Theile des Körpers, welche durch ihre Lage directen äusseren Einwirkungen entzogen sind. Die Fähigkeit derselben, Empfindungen zu vermitteln, richtet sich nach der Menge ihrer sensibeln Nerven. Durchweg ist die Reizbarkeit dieser innern Organe eine stumpfere, es entstehen in ihnen entweder überhaupt nur unter abnormen Verhältnissen, nämlich in Folge pathologischer Reize, deutliche Empfindungen, oder die im normalen Zustand der Organe vorhandenen sind so schwach, dass sie der Beobachtung um so leichter entgehen, als sie sich in ihrer Qualität und Intensität höchst gleichförmig verhalten.

Man fasst zuweilen alle diese Empfindungen innerer Theile unter dem Namen der Gemeingefühle zusammen, weil sie es hauptsächlich sind, von denen das sinnlich bestimmte subjective Befinden oder das Gemeingefühl des Körpers abhängt. Eine besondere Stellung unter ihnen nehmen diejenigen ein, welche in den nervösen Centralorganen entstehen. Sie haben das eine gemeinsam, dass sie nicht, wie die übrigen Empfindungen, wenn auch in noch so unbestimmter Weise, an den Orten ihrer Entstehung localisirt werden, sondern dass das natürliche Bewusstsein sie

stets in diejenigen peripherischen Organe verlegt, welche mit den betreffenden Centraltheilen in leitender Verbindung stehen. In diese Classe gehören sehr verschiedenartige Empfindungen, die wir im allgemeinen in *drei* Gruppen sondern können. Eine *erste* umfasst Empfindungen, die als Regulatoren gewisser vegetativer Verrichtungen dienen, wie das Gefühl des Athembedürfnisses in seinen verschiedenen Graden, das Hunger- und Durstgefühl. Sie bilden einen wesentlichen Bestandtheil des Gemeingefühls. Mit diesen peripherisch localisirten Empfindungen aus centraler Reizung pflegen solche, die aus der Erregung der peripherischen Organe selbst entspringen, in untrennbarer Weise sich zu verbinden. Eine *zweite* Gruppe bilden jene Empfindungen, welche an die Bewegungen der willkürlichen Muskeln geknüpft sind, die *Bewegungsempfindungen* oder *Innervationsgefühle* der Muskeln. Die wichtige Rolle, welche dieselben bei der Bildung der durch die äusseren Sinne vermittelten Vorstellungen spielen, bringt sie zu den eigentlichen Sinnesempfindungen in nahe Beziehung; ausserdem tragen sie aber auch zu der Färbung des Gemeingefühls wesentlich bei, indem sie sich mit andern Empfindungen verbinden, die von dem physiologischen Zustande der Muskeln, namentlich von dem Grad ihrer Ermüdung bedingt sind. Als eine *dritte* Gruppe centraler Empfindungen sind endlich diejenigen zu unterscheiden, welche in der Reizung solcher centraler Sinnesflächen ihre Ursache haben, die den peripherischen Gebieten der äusseren Sinnesorgane zugeordnet sind. Dieselben können auf doppelte Weise entstehen: entweder durch die allgemeinen Gesetze der Wechselwirkung der Vorstellungen, als Bestandtheile reproducirter Vorstellungen, oder in Folge unmittelbarer physiologischer Erregung der Centraltheile durch die in Cap. V (S. 184) erörterten automatischen Reize, als Bestandtheile der Hallucinationen und Traumvorstellungen. Diese beiden Formen der Empfindung, die mit einander verwandt sind und zuweilen in einander übergehen, wollen wir, da sie den eigentlichen Sinnesempfindungen am nächsten stehen und oft nicht von denselben unterschieden werden können, als *centrale Sinnesempfindungen* bezeichnen. Sie beruhen auf der unmittelbaren Reizung jener centralen Sinnesflächen, in welchen die Fasern der Sinnesnerven schliesslich ausstrahlen[1]).

---

[1]) Nach ihrem Ursprung können demnach alle Empfindungen folgendermassen classificirt werden:

Empfindungen aus peripherischer Reizung.		Empfindungen aus centraler Reizung.	
Peripherische Sinnesempfindungen.	Organgefühle.	Innervationsempfindungen u. centrale Gemeingefühle.	Centrale Sinnesempfindungen.
	Gemeingefühle.		

Die äussern Vorgänge, welche als Reize auf unsere Sinnesorgane einwirkend die Sinnesempfindung hervorrufen, sind Bewegungen. Doch besitzen nur bestimmte Bewegungsvorgänge die Eigenschaft der Sinnesreize, und unter diesen gibt es einzelne, die bloss auf bestimmte Sinnesorgane erregend wirken können. Man unterscheidet daher allgemeine und besondere Sinnesreize. So viel wir wissen, bringen vier Arten von Bewegung unter geeigneten Umständen von jedem der fünf Sinnesorgane aus Empfindung hervor: 1) mechanischer Druck oder Stoss, 2) Elektricitätsbewegungen, 3) Wärmeschwankungen und 4) chemische Einwirkungen. Jeder dieser Vorgänge muss eine gewisse Intensität und Geschwindigkeit besitzen, wenn er zum Reize werden soll. Ihre reizende Eigenschaft verdanken aber die genannten Bewegungen höchst wahrscheinlich dem Umstande, dass sie direct in der Nervenfaser selbst den Reizungsvorgang auslösen; denn dieselben wirken nicht bloss auf die Sinnesorgane, sondern auch auf die Sinnesnerven sowie überhaupt auf alle, daher auch auf motorische, secretorische, Nerven als Reize. Hiervon unterscheiden sich die besonderen oder specifischen Sinnesreize dadurch, dass jeder derselben ein besonderes Sinnesorgan mit eigenthümlich ausgestatteten Endorganen zum Angriffspunkte hat. Aber nur für vier unter den fünf Sinnesorganen gibt es solche specifische Sinnesreize: für das Gehörorgan ist dies der Schall, für das Auge das Licht, für Geschmacks- und Geruchsorgan chemische Einwirkungen, welche bei dem einen von Flüssigkeiten, bei dem andern von gasförmigen Stoffen ausgehen müssen. Zwar gehört die chemische Einwirkung auch zu den allgemeinen Nervenreizen, aber um in so geringer Intensität zu wirken, wie auf die Geschmacks- und Geruchsschleimhaut, bedarf sie besonderer Endorgane. Unter diesen speciellen Bedingungen wird sie daher zum specifischen Sinnesreiz. Auch die allgemeinen Nervenreize erzeugen übrigens Empfindungen, welche den durch die specifischen Sinnesreize ausgelösten gleichen. So beobachtet man namentlich bei mechanischer oder elektrischer Reizung des Seh- und Hörnerven Licht- und Schallempfindung. In Bezug auf die chemische und thermische Reizung ist dies allerdings wegen der schwierigen Anwendungsweise der Reize nicht dargethan; ebenso fehlt in Bezug auf die Geruchs- und Geschmacksnerven die entsprechende Nachweisung. Indem man aber auch hier die Reaction auf jeden Reiz in der dem Nerven eigenthümlichen Sinnesqualität immerhin für höchst wahrscheinlich halten kann, spricht man jedem dieser Sinnesnerven und Sinnesorgane eine specifische Sinnesenergie zu, worunter man die Thatsache versteht, dass die Erregung eines der vier genannten Organe oder der mit denselben zusammenhängenden Nervenfasern mit irgend einem Reize eine besondere, nur dem betreffenden Organe eigenthümliche und mit keiner Empfindung eines andern Organs vergleichbare

Beschaffenheit der Empfindung erzeugt. In diesem Sinne aufgefasst drückt der Satz von der specifischen Energie eine nicht bestreitbare Thatsache der Erfahrung aus. Solches ist nicht mehr der Fall, wenn man damit die Annahme verbindet, die Verschiedenheit der Empfindung sei durch specifisch verschiedene physiologische Eigenschaften der Sinnesnerven verursacht, eine Annahme, welche der vorzugsweise durch J. Müller ausgebildeten Lehre von den specifischen Energieen zu Grunde liegt [1]. Eine unter den fünf Sinnesflächen des Körpers, und zwar die ausgebreitetste, die äussere Haut oder das Tastorgan, nimmt insofern eine abgesonderte Stellung ein, als es für dieselbe specifische Sinnesreize nicht gibt. Damit steht wohl die anatomische Thatsache im Zusammenhang, dass besondere Endapparate, die den in andern Sinnesorganen aufgefundenen entsprächen, hier nicht nachweisbar zu sein scheinen [2]. Zwar ist das Tastorgan für zwei der allgemeinen Nervenreize, für Druck und Wärmeschwankungen, vorzugsweise empfindlich; aber dies kann sehr leicht durch eine freiere, an vielen Stellen mittelst besonderer Vorrichtungen den Druckreizen zugänglichere Lage der Endverzweigungen bedingt sein. Hiernach scheint es, dass die Tastempfindungen auf der unmittelbaren Reizung von Nervenfasern beruhen. Dadurch sind dieselben nahe verwandt mit den Organgefühlen, die ebenfalls im allgemeinen aus der directen Reizung der in den Organen sich ausbreitenden sensibeln Nerven entspringen. In der That zeigen die Druck- und Wärmeempfindungen unverkennbar eine Aehnlichkeit mit vielen Gemeingefühlen, so dass sie mit diesen nicht ohne Berechtigung von manchen Physiologen unter der gemeinsamen Bezeichnung des Gefühlssinnes zusammengefasst worden sind [3]. Darnach würde also dem Tastsinn eine specifische Sinnesenergie wenigstens in der Bedeutung, wie sie für die vier andern Sinne anzunehmen ist, nicht zukommen.

Schall und Licht, die beiden Sinnesreize, welche die mannigfaltigsten Empfindungen anregen können, sind schwingende Bewegungen. Bei jeder solchen Bewegung können wir die Weite und die Form der Schwingungen unterscheiden. Unter der Schwingungsweite (Amplitude) versteht man die Raumentfernung, um welche sich das Bewegliche bei jeder Schwingung aus seiner Gleichgewichtslage entfernt, unter der Schwingungsform die Curve, welche es während einer gegebenen Zeit im Raume beschreibt. Die Schwingungsform kann entweder eine periodische oder eine aperiodische sein. Periodisch ist eine Bewegung, die

[1] Vgl. Cap. V S. 226 und unten Cap. IX.

[2] Vgl. Cap. IX.

[3] J. Müller, Handbuch der Physiologie. Bd. II. Coblenz 1840. S. 275. Uebrigens werden von Müller auch die Bewegungsempfindungen zum Gefühlssinn gerechnet, die, so weit sie sich auf das unmittelbare Bewusstsein der Bewegungsenergie beziehen, jedenfalls andern Ursprungs sind.

sich nach gleichen Zeitabschnitten immer genau in derselben Weise wiederholt; ist dies nicht der Fall, so nennt man die Bewegung aperiodisch. So ist z. B. Fig. 67 *A* eine aperiodische, *B* bis *D* sind periodische Schwingungen. Zwei periodische Schwingungsformen können entweder nur dadurch von einander abweichen, dass bei sonst übereinstimmender Gestalt der Schwingungscurve nur die Geschwindigkeit der Schwingungen eine verschiedene ist, oder es kann die Geschwindigkeit übereinstimmen und die Gestalt der Curve abweichen, oder endlich es kann beides, Geschwindigkeit der Periode und Gestalt der Curve, verschieden sein. In *B*–*D* sind diese verschiedenen Fälle dargestellt. Die beiden Curven in *B* stimmen in ihrer Form überein, aber bei der punktirten Curve wiederholen sich die Perioden doppelt so schnell als bei der ausgezogenen. Mit der letzteren stimmt die Curve *C* hinsichtlich der Geschwindigkeit der Perioden überein, aber die sonstige Form weicht ab, von der punktirten Linie *B* unterscheidet sich *C* in beiden Beziehungen. Die Fig. *D* veranschaulicht endlich auch noch das Verhältniss von Schwingungsweite und Schwingungsform. Die beiden Curven stimmen nämlich sowohl in der Geschwindigkeit der Perioden wie in der Form überein, aber die punktirte Curve hat eine geringere Schwingungsweite.

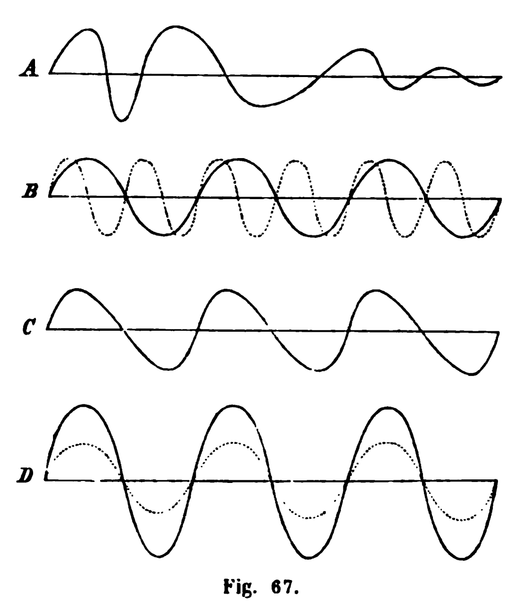


Fig. 67.

Die Schwingungsweite hängt von der Grösse der Kraft ab, durch welche die Bewegung hervorgebracht ist. Denken wir uns etwa als Beispiel die Schwingungen einer Saite, so ist die Schwingungsperiode von der Länge der Saite, die Schwingungsform von der sonstigen Beschaffenheit derselben sowie von der Art, wie sie in Bewegung gesetzt (ob sie z. B. gezupft, geschlagen oder gestrichen) wird, die Schwingungsweite aber ist von der Kraft des Anstosses abhängig. Als gleichbedeutend mit Amplitude pflegt man daher auch den Ausdruck Stärke der Schwingungen zu gebrauchen. Die Amplitude oder Stärke der Schwingungen wird sonach

durch die Intensität der bewegenden Kraft, die Schwingungsform aber durch das Gesetz ihrer Wirkung bestimmt.

Von der Schwingungsstärke hängt nun die Intensität, von der Schwingungsform die Qualität der Schall- und Lichtempfindung ab. Intensität und Qualität unterscheiden wir aber nur, weil beide unabhängig veränderliche Theilbestandtheile einer jeden Empfindung sind, und dies sind sie desshalb, weil wir den reizenden Schwingungsvorgang bald nur in Bezug auf die Amplitude bald nur in Bezug auf die Form der Bewegung verändern können. Ton und Farbe sind uns stets gleichzeitig als Intensität und Qualität gegeben, aber wir können dem nämlichen Ton, der nämlichen Farbe eine verschiedene Intensität geben, oder wir können auch verschiedene Klänge und Farben in gleicher Intensität hervorbringen. Doch im letzteren Fall sind wir unserer Sache weniger gewiss. Während wir unmittelbar aus der Empfindung zu entscheiden vermögen, ob ein bestimmter Klang oder eine bestimmte Lichtempfindung an Stärke zu- oder abnimmt, ist unsere Intensitätsvergleichung verschiedener Klänge oder Farben, sofern es sich nicht um bedeutende Unterschiede handelt, eine sehr unsichere, und zu genauen Resultaten gelangen wir im allgemeinen nur, wenn wir objective Hülfsmittel hinzunehmen, wenn wir uns z. B in so grosse Entfernung von der Klang- oder Lichtquelle begeben, dass die Empfindung unmerklich wird. Aber auch da, wo in Folge bedeutender Intensitätsunterschiede solche Hülfsmittel nicht nöthig werden, scheint es nicht sowohl die unmittelbare Empfindung zu sein, die uns über jene Rechenschaft gibt, als die verschiedene Gewalt, mit der sich die Eindrücke unserer Aufmerksamkeit einprägen und andere Vorstellungen aus derselben verdrängen. Wahrscheinlich hat daher jene psychologische Trennung der immer gleichzeitig als Intensität und Qualität gegebenen Empfindungen in ihre Bestandtheile so sich gebildet, dass durch den Intensitätswechsel qualitativ constant bleibender Empfindungen die Intensität als unabhängig veränderliche Eigenschaft der Empfindung sich einprägte [1]. Desshalb steht auch wohl von jenen beiden Theilbestandtheilen der Empfindung die Intensität in directerer Beziehung zur Beschaffenheit des Reizes. Dass einer stärkeren Reizbewegung eine stärkere Empfindung entspricht, erscheint gewissermassen selbstverständlich; nicht so das Verhältniss der Qualität zur Schwingungsform. So wird denn auch die Empfindungsstärke seit

[1] Wir sehen uns schon hier einer psychologischen Analyse gegenübergestellt, welche die ursprünglichsten Facta der inneren Erfahrung, die Empfindungen, in blosse Gedankenproducte auflöst, insofern die genannten Theilbestandtheile der Empfindung in dieser ihrer Trennung gar nicht Gegenstand der Empfindung sind, daher fordert diese Analyse selbst zur Untersuchung ihrer psychologischen Gründe heraus. Hierauf kann aber erst an einem andern Ort näher eingegangen werden. Vergl. Cap. XVI.

undenklicher Zeit auf die Stärke des Eindrucks zurückbezogen, während die Ableitung der Qualität aus der Schwingungsform durchaus der neueren Wissenschaft angehört, da die ältere die Empfindungsqualitäten im allgemeinen aus ihnen gleichenden Qualitäten des Reizes erklärte [1]. Die Intensität blieb nun als objectiver Begriff bestehen, weil die Stärke der Empfindung fortan das natürliche Maass für die Intensität der bewegenden Kräfte blieb; die Qualität verschwand aus dem objectiven Geschehen, weil der Begriff der Bewegungsform, in den sie sich auflöste, unmittelbar keine allgemeingültige Beziehung zur Empfindung mehr erkennen liess. Nichts desto weniger würde man sich täuschen, wenn man desshalb die Intensität als einen Begriff ansehen wollte, dem an und für sich schon eine objective Bedeutung zukäme. Intensität und Qualität entstammen beide bloss der Empfindung. Ihr einziger Unterschied besteht darin, dass die Beziehung der Intensität zur Stärke der Reizbewegung für den ganzen Umfang unserer Empfindungen eine gleichförmige Gültigkeit bewahrt, offenbar weil der Umfang der Bewegung eine Seite des Bewegungsbegriffes ist, die überall gleichförmig wiederkehrt, während die vielgestaltige Bewegungsform eine ähnliche gleichförmige Beziehung nicht zulässt. Undenkbar wäre auch für die Qualitäten ein derartiges Verhältniss nicht. Angenommen z. B., alle Sinnesreize beständen in Schwingungen eines und desselben Mediums, welche keine weiteren Unterschiede der Form als solche in der Geschwindigkeit der Perioden darböten, und angenommen unsere Sinnesorgane wären so beschaffen, dass die Reizungsvorgänge in ihnen stetig dem äusseren Vorgange folgten, so müsste die Qualität der Empfindung durchaus dieselbe gleichförmige Beziehung zur Reizform wie die Empfindungsintensität zur Reizstärke besitzen. Die zutreffende Probe auf diese Voraussetzung ist in der That vorhanden: es gibt eine Reihe von Reizen, die bloss nach der Geschwindigkeit der Schwingungsperiode sich unterscheiden, und denen Empfindungen von ähnlich abgestufter Beschaffenheit entsprechen, die einfachen Töne.

[1] Am frühesten vollzog sich die Unterscheidung der Empfindungsqualität vom äussern Reize zweifellos im Gebiet der Schallempfindungen. Vgl. PLATO, Timäos 28—30.

Achtes Capitel.

Intensität der Empfindung.

Dass die Intensität der Empfindung mit der Stärke der Reizbewegung zu- und abnimmt, ist in allen Sinnesgebieten ein aus der alltäglichen Erfahrung geläufiger Satz. Wenn die schall- oder lichterzeugende Bewegung oder die Masse, die auf unsere Haut drückt, vermehrt wird, sehen wir regelmässig auch unsere Empfindung wachsen. Diese selbst ist daher das natürliche Maass für die Intensität der äussern bewegenden Kräfte, welches ursprünglich von dem Vorgang, den es messen soll, gar nicht unterschieden wird. So hat sich denn auch lange Zeit die Annahme als eine selbstverständliche erhalten, dass die Stärke der Empfindung genau der Stärke des Reizes entspreche, oder dass mit andern Worten zwischen beiden das einfachste Gesetz wechselseitiger Beziehung, das der Proportionalität, bestehe [1]). Dennoch macht eine nahe liegende Erwägung alsbald begreiflich, dass diese einfachste Beziehung zwischen Empfindung und Reiz, wenn sie überhaupt existiren sollte, nur zwischen gewissen Grenzen möglich wäre. Die unmittelbare Erfahrung lehrt nämlich, dass es einerseits eine untere Grenze gibt, diesseits welcher die Reizbewegung zu schwach ist, um eine merkliche Empfindung zu verursachen, und dass anderseits eine obere Grenze existirt, über die hinaus eine Steigerung der Reizstärke die Intensität der Empfindung nicht mehr weiter zunehmen lässt. Man bezeichnet jene erste Grenze als die Reizschwelle, die zweite wollen wir die Reizhöhe nennen [2]). Die Thatsachen der Reizschwelle und der Reizhöhe bedeuten somit, dass die Empfindung nicht bei einem unendlich kleinen, sondern

---

[1]) Es ist bezeichnend, dass noch derjenige Philosoph, der den Gedanken der psychischen Messung zuerst zur Ausführung zu bringen suchte, HERBART, jene Annahme als eine selbstverständliche ansieht, indem er die Behauptung von FRIES, für die intensiven Grössen des geistigen Lebens könne keine Einheit gegeben werden, mit den Worten zurückweist: »In der Region, wo die Fundamente der Psychologie liegen .... wird man ganz einfach sagen, dass zwei Lichter doppelt so stark leuchten als eins, dass drei Saiten auf einer Taste dreimal so stark tönen als eine,« u. s. w. Werke Bd. 7. S. 358.

[2]) Der metaphorische Ausdruck Schwelle rührt von HERBART her. Er nannte diejenige Grenze, welche die Vorstellungen bei ihrem Bewusstwerden zu überschreiten scheinen, die Schwelle des Bewusstseins. (Psychologie als Wissenschaft, Werke Bd. 5, S. 541.) Von FECHNER wurde dieser Ausdruck auf das Empfindungsmaass übertragen. (Elemente der Psychophysik I, S. 238.) Es scheint mir angemessen für den der Schwelle gegenüberstehenden maximalen Grenzwerth ebenfalls eine kurze Bezeichnung einzuführen, wofür ich den Ausdruck Reizhöhe vorschlage.

erst bei einem endlichen Werth der Reizstärke, dem Schwellenwerth des Reizes, beginnt, und dass sie nicht bis zu einem unendlich grossen Werth gesteigert werden kann, sondern bereits bei einer gewissen endlichen Maximalstärke, dem Höhenwerth des Reizes, zu wachsen aufhört. Sollte sich demnach die Empfindung proportional dem Reize verändern, so wäre solches jedenfalls nur zwischen diesen beiden Grenzwerthen möglich.

Die Reizschwelle und Reizhöhe können von den physischen Organisationsverhältnissen abhängen, oder auf einem Grundgesetz der Empfindung beruhen, also psychologischen Ursprungs sein, oder sie können endlich in beiden Bedingungen ihren Grund haben. In der That gilt für das Verhältniss der Vorgänge in den Nervenelementen zu den sie verursachenden Reizen ebenfalls das Gesetz, dass eine Veränderung jener Vorgänge oder, wie wir dieselben allgemein bezeichnen wollen, des Nervenprocesses mit der Veränderung der äusseren Reizbewegung nur zwischen gewissen endlichen Grenzwerthen stattfindet, die wir den physischen Schwellenwerth und den physischen Höhenwerth des Reizes nennen können[1]. Die Bewegungsvorgänge in den Nerven besitzen nämlich eine gewisse Trägheit, vermöge deren sie erst in Gang kommen, wenn der verursachende Reiz eine gewisse Stärke erreicht hat. Anderseits aber ist der Kraftvorrath der Nervenelemente ein begrenzter; bei einer gewissen Stärke wird also der Reiz alle überhaupt disponibeln Kräfte auslösen, so dass darüber hinaus der Nervenprocess nicht mehr gesteigert werden kann. Es frägt sich daher, ob der psychische Schwellen- und Höhenwerth des Reizes mit dem physischen zusammenfällt, oder ob er davon verschieden ist. Diese Erwägung führt unmittelbar auf eine wichtige Vorfrage. Es ist nämlich klar, dass es fruchtlos sein würde nach der gesetzlichen Beziehung zwischen Empfindung und Reiz zu suchen, ohne gleichzeitig der Beziehung zwischen dem Reiz und dem Nervenprocess einigermassen gewiss zu sein. Denn was die Empfindung in uns erregt, ist schlechterdings nur der Nervenprocess. Wollen wir die Beziehung zwischen der Stärke der Empfindung und der sie verursachenden Bewegung feststellen, so müssen wir für letztere den Nervenprocess setzen, dem der Reizvorgang erst substituirt werden kann, sobald die Abhängigkeit zwischen beiden bekannt ist. Im entgegengesetzten Fall würde die Bedeutung des aufgefundenen Gesetzes

[1] FECHNER hat den physiologischen Vorgang in den Nerven- und Sinneselementen, der zwischen dem äussern Reiz und der Empfindung in der Mitte liegt, die psychophysische Bewegung genannt. Elemente der Psychophysik I, S. 10.) Da aber diese Bezeichnung Missdeutungen zulässt, so ziehen wir den Ausdruck Nervenprocess vor, bei dem man sich übrigens gegenwärtig halten muss, dass die betreffenden Vorgänge nicht allein in den eigentlichen Nerven, sondern auch in den mit denselben zusammenhängenden peripherischen und centralen Endgebilden ihren Sitz haben.

zweifelhaft bleiben, da man dahingestellt lassen müsste, ob dasselbe zwischen Reiz und Nervenprocess oder zwischen diesem und der Empfindung gültig, oder aber ob es eine complexe Function sei, welche erst in ihre einfacheren Bestandtheile aufzulösen wäre. Das letztere ist natürlich der im allgemeinen wirklich stattfindende Fall. Doch wird von demselben dann abstrahirt werden können, wenn das eine jener Theilgesetze die einfache Proportionalität bedeuten sollte, weil unter dieser Voraussetzung die Form der Function dieselbe bleibt, und nur die speciellen Constanten sich ändern.

Wir besitzen keine Untersuchung, welche die Frage nach der Beziehung zwischen Reizstärke und Nervenprocess direct an den Sinnesnerven zu beantworten sucht; doch gibt es einige auf die motorischen Nerven bezügliche Thatsachen, welche hierher gehören. Reizt man nämlich einen mit seinem Muskel in Verbindung stehenden Bewegungsnerven mit elektrischen Stromstössen von unveränderlicher Dauer, aber wechselnder Intensität, so bemerkt man, dass die Zuckung bei einer gewissen minimalen Stromintensität beginnt und bei einer gewissen maximalen Stromintensität ihre grösste Höhe erreicht: zwischen diesen beiden Grenzen wachsen aber, falls man die Stromstösse hinreichend kurz nimmt, um gewisse complicirte Wirkungen des Stromes auszuschliessen, die Zuckungshöhen mindestens in sehr weitem Umfang den Stromstärken proportional [1]). Eine gewisse Bestätigung gewinnt dieses Resultat durch Versuche über die Ermüdung der motorischen Nerven. Reizt man einen belasteten und unterstützten Muskel in constanten Zeitintervallen mit maximalen Stromstössen, d. h. mit solchen, die im Anfang Maximalzuckung bewirken, so bilden die in Folge der Ermüdung abnehmenden Zuckungshöhen eine arithmetische Reihe, deren constante Differenz einzig und allein abhängt von der Grösse der Intervalle [2]). Wie also bei gleich bleibender Leistungsfähigkeit und variabler Reizstärke die Beziehung zwischen dieser und der Leistung durch eine gerade Linie dargestellt werden kann, so lässt sich auch bei gleich bleibender maximaler Reizstärke und variabler Leistungsfähigkeit die Veränderung der letzteren in der Zeit durch eine gerade Linie ausdrücken. Das zweite dieser Gesetze wird zu einem Corollarsatz des ersten, wenn man die durch die Einfachheit der Beziehung zwischen Ermüdung und Reizintervall nahe gelegte Annahme macht, der

1) Fick, Untersuchungen über elektrische Nervenreizung. Braunschweig 1869.
2) Kronecker, Monatsber. der Berliner Akademie 1870. S. 631. Sitzungsber. der sächs. Gesellsch. 1871 S. 718.

Wiederersatz der bei der Leistung verloren gegangenen Kräfte erfolge der verflossenen Zeit proportional. Auf den geschwächten Nerven wirkt nämlich der Maximalreiz offenbar ebenso wie auf den leistungsfähigen ein schwächerer Reiz ein. Sobald also bei gleichbleibender Leistungsfähigkeit die Zuckung mit der Reizstärke geradlinig wächst, so muss auch umgekehrt bei gleichbleibender Reizstärke und sinkender Leistungsfähigkeit die Zuckung mit der Zeit geradlinig abnehmen, falls nur wegen Gleichheit der Reizintervalle die Ermüdung eine gleichförmig fortschreitende ist.

Man kann nun allerdings einwenden, diese Beobachtungen bezögen sich zunächst nur auf den Effect am Muskel, der Nervenprocess selbst werde dadurch noch nicht gemessen. In der That würde es durchaus unthunlich sein, die Muskelleistung den im Nerven durch den Reiz frei werdenden Kräften gleich zu setzen. Vielmehr beweist die allgemeine Mechanik der Reizvorgänge, dass immer nur ein Theil der im motorischen Nerven geleisteten Reizarbeit in Muskelarbeit übergeht[1]). Insbesondere kommt dies auch beim Schwellen- und Höhenwerth des Reizes in Rücksicht. Die Muskelleistung beginnt, wie die Untersuchung der Reizbarkeitsveränderungen des Nerven durch schwache Reize unmittelbar beweist, erst wenn die Stärke des Nervenprocesses einen gewissen endlichen Werth erreicht hat. Ebenso machen es die besonderen Widerstände, welche sich im Muskel seiner mechanischen Energie entgegensetzen, im höchsten Grade wahrscheinlich, dass die Zuckung bereits bei ihrem Maximum anlangt, wo der Nervenprocess das seinige noch nicht erreicht hat. Aber diese Verhältnisse bedingen auch hier wieder nur, dass die Constanten der Gleichung, die für die Beziehung zwischen Reiz und Nervenprocess gültig ist, nicht zu bestimmen sind. Dagegen macht es die grosse Einfachheit des Gesetzes selbst ausserordentlich wahrscheinlich, dass die allgemeine Form desselben die nämliche bleibt, ob wir das Mittelglied des Nervenprocesses einschalten oder nicht. Ist nämlich die Muskelleistung der Reizstärke einfach proportional, so kann nicht bezweifelt werden, dass sich dieses Gesetz aus einer einfachen Proportionalität zwischen Reizstärke und Nervenprocess und einer eben solchen zwischen Nervenprocess und Muskelleistung zusammensetzt[2]).

---

[1]) Vgl. Cap. VI, S. 259.

[2]) Das Gesetz der Proportionalität wird nämlich ausgedrückt durch eine lineare Gleichung von der Form

$$1) \quad y = ax + c.$$

Lassen wir in dieser Gleichung y die Reizstärke und x die Stärke des Nervenprocesses bedeuten, so bezeichnet die Constante c die Reizstärke füs $x = o$, also den Schwellenwerth des Reizes, und von a ist die Geschwindigkeit abhängig, mit der y bei wachsendem x zunehmen muss. Die Beziehung zwischen der Stärke des Nerven-

Die Uebertragung der an den motorischen Nerven gefundenen Verhältnisse auf die Sinnesnerven scheint nun bei der vollständigen Uebereinstimmung der Reizungsvorgänge in beiden hinreichend gerechtfertigt. Uebrigens ist es wahrscheinlich, dass das Gesetz der Proportionalität zwischen Reiz und Nervenprocess immerhin nur eine erste Annäherung ist, die namentlich gegen die Reizhöhe hin merklich ungenau wird, indem hier der Reizungsvorgang, unmittelbar ehe er seinen Grenzwerth erreicht, allmälig langsamer zunimmt [1]).

Das Vorausgegangene berechtigt uns, dem Verhältniss zwischen Nervenprocess und Empfindung, welchem allein ein unmittelbares psychologisches Interesse zukommt, dasjenige zwischen Reiz und Empfindung, welches der Untersuchung viel leichter zugänglich ist, zu substituiren. Denn das Gesetz der Beziehung, auf dessen Auffindung es wesentlich ankommt, muss in beiden Fällen das nämliche sein; die Kenntniss der speciellen Constanten aber, die allerdings abweichen werden, besitzt überhaupt nur ein praktisches Interesse, und im letzteren muss man sogar den Werthen, die sich auf die Beziehung von Reiz und Empfindung beziehen, die grössere Bedeutung zuerkennen, da im praktischen Leben nur das Verhalten unserer Empfindungen zu den sie verursachenden Reizen, kaum jemals aber der Nervenprocess in Rücksicht kommen kann. Die Frage nach der Beziehung zwischen Reiz und Empfindung lässt sich nun correcter auch so ausdrücken: in welchem Verhältniss ändert sich die Empfindung bei einer

---

processes und der Muskelzuckung z lässt sich durch eine Gleichung von derselben Form ausdrücken, wobei aber für a und c andere Constanten zu setzen sind, also

$$2)\quad x = a'z + c'.$$

Beide Gleichungen combinirt ergeben für die Beziehung zwischen Reizstärke und Muskelzuckung die Gleichung

$$y = a\,a'z + (a\,c' + a\,c),$$

welcher wieder die einfache Form

$$3)\quad y = Az + C$$

gegeben werden kann. Wollten wir hieraus die ursprünglichen Gleichungen 1 und 2 wiederherstellen, so müsste wenigstens eine derselben ebenfalls gegeben sein, damit aus $A = a\,a'$ und $C = a\,c' + a\,c$ die Constanten a, a' und c, c' gefunden werden könnten. Indem wir der Beziehung zwischen Reiz und Nervenprocess diejenige von Reiz und Muskelleistung substituiren, erhalten wir somit zwar wegen der Einfachheit der beiden Gesetze dieselbe Form der Gleichung, aber die betreffenden Constanten bleiben ihrem absoluten Werthe nach unbekannt.

[1]) Diese aus nachher zu erwähnenden Beobachtungen über das Verhältniss zwischen Reiz und Empfindung wahrscheinlich werdende Abweichung findet auch darin gewissermaassen einen Ausdruck, dass das Gesetz der linearen Function $y = a\,x + c$ zwar die Thatsache der physischen Reizschwelle, nicht aber die der Reizhöhe in sich schliesst, vielmehr müsste mit wachsendem Reize y fortan auch der Nervenprocess x proportional zunehmen. Es ist nun offenbar von vornherein wahrscheinlich, dass x diesem Grenzwerth nicht plötzlich, sondern allmälig nahe kommt, so dass die gerade Linie eigentlich nur einen Theil der ganzen Curve bildet, wobei jedoch im allgemeinen innerhalb der Grenzen der gewöhnlich untersuchten Reizstärken die Function mit hinreichender Genauigkeit als eine lineare betrachtet werden kann.

gegebenen Veränderung des Reizes zwischen jenen Grenzwerthen desselben, innerhalb deren sie sich überhaupt ändert, nämlich zwischen dem Schwellen- und Höhenwerth?

Dass die Empfindung ihrer Intensität nach messbar, die so gestellte Frage also berechtigt sei, geht schon aus der Existenz des Schwellen- und Höhenwerthes hervor. Denn beide bedeuten intensive Grenzwerthe der Empfindung, zwischen denen eine stufenweise Zunahme derselben stattfindet, und in beiden Grenzfällen kann eine Maassvergleichung zeitlich oder räumlich getrennter Empfindungen stattfinden. Der Reizschwelle entspricht die eben merkliche Empfindung oder, wie wir sie kürzer nennen wollen, die Empfindungschwelle, der Reizhöhe die Maximalempfindung oder Empfindungshöhe. Nun können wir von zwei qualitativ übereinstimmenden Empfindungen zweifellos sagen, dass ihre Intensität gleich sei, wenn sie entweder der Empfindungsschwelle oder der Empfindungshöhe entsprechen[1]. In der That findet eine solche Maassvergleichung mmer statt, wenn wir die Reizschwelle oder die Reizhöhe feststellen. Dort suchen wir jenen Grenzwerth des Reizes auf, dessen kleinste Verminderung die Empfindung zum Verschwinden bringt, d. h. kleiner als eben merklich, und dessen kleinste Vergrösserung sie mehr als merklich macht, hier bestimmen wir jenen Grenzwerth des Reizes, wo eine weitere Zunahme des letzteren die Grösse der Empfindung nicht mehr verändert. Im ersten Fall besteht also das Maassverfahren in einem Abwägen der eben merklichen gegen die unmerkliche und gegen die übermerkliche Empfindung, im zweiten Fall besteht es noch einfacher in der unmittelbaren Vergleichung von Maximalempfindungen.

Die so ausgeführte Ermittelung der Grenzwerthe von Reiz und Empfindung lässt nun sogleich einige allgemeine Feststellungen zu, welche von der besonderen Form des für die Beziehung zwischen Empfindung und Reiz gültigen Gesetzes noch ganz und gar unabhängig sind, indem sie lediglich aus der Existenz jener Grenzwerthe sich ergeben. Zunächst ist nämlich von der Lage der Reizschwelle die Reizempfindlichkeit abhängig. Je kleiner die Reizschwelle oder diejenige Reizgrösse ist, welche der Empfindungsschwelle entspricht, um so grösser nennen wir die Empfindlichkeit. Liegt z. B. im einen Fall die Empfindungsschwelle beim Reize 1, im andern beim Reize 2, so verhält sich die Empfindlichkeit wie 1 : $^1/_2$,

[1] Bei qualitativ verschiedenen Empfindungen ist eine solche Maassvergleichung nicht ohne weiteres statthaft, da die Werthe der Empfindungsschwelle und der Empfindungshöhe für verschiedene Sinnesqualitäten möglicher Weise abweichende sein können.

oder allgemein: die Reizempfindlichkeit ist proportional dem reciproken Werth der Reizschwelle. Von der Reizhöhe dagegen wird eine andere Eigenschaft bestimmt, welche wir die Reizempfänglichkeit nennen wollen, indem wir darunter die Fähigkeit verstehen, wachsenden Werthen des Reizes mit der Empfindung zu folgen. Je grösser also die Reizhöhe, um so grösser nennen wir die Reizempfänglichkeit. Entspricht z. B. im einen Fall die Empfindungshöhe einem Reize 1, im andern einem Reize 2, so verhält sich die Empfänglichkeit wie 1 : 2, oder allgemein: die Reizempfänglichkeit ist proportional dem directen Werth der Reizhöhe. Durch das Verhältniss der Reizempfindlichkeit zur Reizempfänglichkeit ist endlich der relative Reizumfang bedingt. Dieser wächst natürlich, je mehr die Reizschwelle sinkt und die Reizhöhe steigt. Liegt z. B. im einen Fall die Reizschwelle bei 1, die Reizhöhe bei 4, in einem andern die erste bei 2, die zweite bei 8, so ist beidemal der relative Reizumfang = 4. Liegt aber in einem dritten Fall die Reizschwelle bei $1/_2$, die Reizhöhe bei 4, so ist nun der Reizumfang = 8. Oder allgemein: der relative Reizumfang ist proportional dem Producte der Reizempfänglichkeit in die Reizempfindlichkeit oder dem Quotienten der Reizschwelle in die Reizhöhe. Bezeichnen wir, um diese Beziehungen festzuhalten, die Reizschwelle mit s, die Reizhöhe mit h, so ist

das Maass der Reizempfindlichkeit $= \frac{1}{s}$,
das Maass der Reizempfänglichkeit $= h$,
das Maass des Reizumfangs $= \frac{h}{s}$.

Der hauptsächlichste Gebrauch, der von diesen Maassen gemacht werden kann, bezieht sich auf das Verhältniss der verschiedenen Sinne sowie verschiedener Theile eines und desselben Sinnesorgans zu einander. Doch hat bis jetzt nur die Reizempfindlichkeit oder die ihr reciproke Reizschwelle eine etwas eingehende Untersuchung erfahren, und schon hier stösst man auf Schwierigkeiten, die schwerlich ganz zu überwinden sind. Diese Schwierigkeiten sind hauptsächlich von dreierlei Art. Erstens ist es fast unmöglich, alle Reize von unsern Sinnesorganen auszuschliessen, also bei der Ermittelung der Reizschwelle von einem Reize null zu beginnen. Manche Sinnesorgane, namentlich das Auge und Ohr, scheinen sich sogar vermöge der nicht zu entfernenden natürlichen Reize an und für sich schon fortwährend über der Schwelle zu befinden. Solche Reize können theils in den Structurbedingungen der Organe ihren Ursprung haben, so beim Auge, auf dessen Netzhaut der intraoculäre Druck wahrscheinlich als Reiz wirkt, theils in äussern Verhältnissen, so beim Ohr und der Haut, wo die nicht zu beseitigenden Geräusche des eigenen Körpers, die Wärmeausstrahlung u. s. w. als natürliche Reize wirken. Zweitens ist die Reiz-

empfindlichkeit der Sinnesorgane eine veränderliche. So nimmt z. B. die Lichtempfindlichkeit unseres Auges beim Aufenthalt im Finstern fortwährend zu. Sind nun gleich diese Veränderungen an und für sich von Interesse, so erschweren sie doch die Gewinnung bestimmter Resultate. Drittens endlich sind einige Sinnesorgane so ausserordentlich empfindlich, dass im Vergleich damit die Fehler der objectiven Messungshülfsmittel für die Reizvorgänge bereits merklich in Betracht kommen: solches gilt z. B. in Bezug auf die Empfindlichkeit des Auges gegen Licht und einzelner Theile der Haut gegen Temperatureinwirkungen. Unter diesen Umständen kann es bei der Bestimmung der Reizschwelle überhaupt nur um die Gewinnung approximativer Mittelwerthe sich handeln. So schätzt AUBERT die Reizempfindlichkeit des Auges ungefähr der Lichtintensität gleich, die in 5.5 Meter Entfernung ein weisser Papierstreif besitzen würde, der von einer 300 mal schwächeren Lichtquelle als der Vollmond beleuchtet würde[1]. In Bezug auf die Schallstärke gibt SCHAFHÄUTL an, dass ein gesundes Ohr den Schall von einem 1 Mgr. schweren Korkkügelchen, das 1 Mm. hoch

---

[1] AUBERT, Physiologie der Netzhaut. Breslau 1865. S. 46. Die Reizschwelle wurde in AUBERT's Versuchen direct mittelst eines Platinadrahtes bestimmt, welcher im absolut finstern Raume durch eine DANIELL'sche Kette von genau angegebenen Dimensionen zum Leuchten gebracht, und welchem dann genau diejenige Länge gegeben wurde, bei der das Leuchten eben merklich war (a. a. O., S. 43). Die so bestimmte Lichtintensität wurde dann photometrisch mit Tageslicht bei bedecktem Himmel verglichen; der oben angegebenen Schätzung ist überdies die Annahme zu Grunde gelegt, die Helligkeit des Mondes und diejenige einer weissen Wolke seien etwa gleich, was natürlich auch nur sehr ungenau zutreffen wird. Endlich gilt jene Schätzung nur für das unmittelbar in den verdunkelten Raum gebrachte Auge. Bei längerem Aufenthalt im Finstern nimmt die Empfindlichkeit anfangs sehr schnell und dann immer langsamer zu (AUBERT ebend. S. 39), nähert sich also, wie es scheint, einem constant bleibenden Werthe, welcher letztere hiernach vielleicht mit grösserem Rechte als die Reizschwelle des Sehorgans betrachtet werden könnte, wenn nicht alle diese Bestimmungen durch das Eigenlicht der Retina unsicher würden, durch welches sich das Auge an und für sich schon über der Schwelle befindet, so dass die Bestimmung der letzteren, wie FECHNER bemerkt hat, eigentlich unausführbar ist (Elemente der Psychophysik I, S. 240). Mit Rücksicht hierauf könnte man daran denken, wenigstens eine obere Grenze für die Reizschwelle der Netzhaut zu finden, indem man für das Eigenlicht derselben ein objectives Maass aufsuchte. Da nämlich das Eigenlicht empfunden wird, so wäre anzunehmen, dass die Reizschwelle jedenfalls noch unter der Intensität desselben gelegen sei. In der That hat nun VOLKMANN die für die Bestimmung der Unterschiedsschwelle angewandten Schattenversuche, die wir unten besprechen werden, auch für die Ermittelung des Eigenlichtes zu benützen gesucht, und hiernach schätzte er dasselbe der Lichtintensität einer schwarzen Sammtfläche gleich, die aus ungefähr 9 Fuss Entfernung von einer gewöhnlichen Stearinkerze beleuchtet wird (FECHNER a. a. O., I. S. 167). AUBERT nach einer ähnlichen Methode schätzte es gleich der Erleuchtung eines weissen Papiers durch eine Stearinkerze in 400 Fuss Entfernung (AUBERT a. a. O., S. 65, vgl. hierzu FECHNER, Sitzungsber. der sächs. Ges. d. W. 1864, S. 18). Aber die Voraussetzungen, welche beiden Berechnungen zu Grunde liegen, sind zu unsicher, als dass aus den so gewonnenen Werthen mehr als das allgemeine Resultat einer jedenfalls sehr geringen Intensität des Eigenlichtes der Netzhaut entnommen werden kann, woraus auf der andern Seite auf eine sehr grosse Lichtempfindlichkeit derselben zu schliessen ist.

herabfällt, noch in 91 Mm. Entfernung zu hören vermag[1]. Der Druck von Gewichten kann nach Versuchen von AUBERT und KAMMLER an den empfindlichsten Hautstellen (z. B. an Stirn, Schläfe, Vorderarm) eben noch verspürt werden, wenn er 2 Milligr. erreicht[2]. Für die Temperaturempfindungen kann natürlich eine Reizschwelle nur dann gesucht werden, wenn man als solche die kleinste Aenderung der Eigenwärme der Haut durch Zufuhr oder Entziehung von Wärme betrachtet. Für diese scheint aber die Haut so empfindlich zu sein, dass sie merklich eben so genau wie ein gutes Quecksilberthermometer auf Temperaturänderungen reagirt[3], wonach mindestens $\frac{1}{10}$° C. von ihrer eigenen Temperatur an gerechnet als Reizschwelle gelten dürfte.

Um die so für die verschiedenen Sinne gewonnenen Werthe mit einander zu vergleichen, müssten die verschiedenen Reizvorgänge auf ein übereinstimmendes Kraftmaass zurückgeführt sein. Auch ohne dass dies der Fall ist, wird man übrigens das Auge als das empfindlichste Sinnesorgan bezeichnen dürfen, woran zunächst die Temperaturempfindungen der Haut, dann erst die Schall- und zuletzt die Druckempfindung sich anschliessen. Es ist nicht zu bezweifeln, dass die ausnehmend grossen Unterschiede in der Reizempfindlichkeit dieser Sinne vorzugsweise in den Einrichtungen der Sinnesorgane, beziehungsweise in der verschiedenen Zugänglichkeit der einzelnen sensibeln Nerven für die verschiedenen Reizungsvorgänge begründet sind.

Bei jedem einzelnen Sinnesorgan ist die Empfindlichkeit nicht für alle Reize die nämliche, sondern abhängig von der Form des Reizes oder der ihr correspondirenden Qualität der Empfindung. Tiefe Töne werden erst bei einer bedeutenderen Amplitude der Schallschwingungen hörbar als hohe; wenn man sich aber der oberen Grenze der noch wahrnehmbaren Töne nähert, so nimmt ebenfalls die Empfindlichkeit wieder ab[4]. Beim Auge scheint die Reizschwelle für die brechbarsten Farben, also Violett, Blau, tiefer zu liegen als für die minder brechbaren, Roth, Gelb. Denn in der Dunkelheit werden blaue Farbentöne noch wahrgenommen, wo rothe

---

[1]) Abhandl. der Münchener Akad. VII, S. 504. FECHNER, Psychophysik I, S. 257. Uebrigens ist unter allen Sinnen wahrscheinlich das Gehör derjenige, der sogar bei normaler Beschaffenheit des Organs die grössten individuellen Unterschiede der Empfindlichkeit darbietet.

[2]) AUBERT und KAMMLER, MOLESCHOTT's Untersuchungen zur Naturlehre V., S. 145.

[3]) FECHNER, Elemente der Psychophysik I, S. 202.

[4]) Einzelne unter den hohen Tönen sind noch durch die akustischen Verhältnisse der schallleitenden Apparate des Ohrs besonders bevorzugt, jene nämlich, auf welche der Gehörgang Resonanz gibt. Doch steht dies in keiner Beziehung zu der hier behandelten Frage, bei der es bloss um die Empfindlichkeit der schallpercipirenden Theile sich handelt.

bereits vollkommen schwarz erscheinen[1]). Doch kommt man auch hier bei den übervioletten Strahlen jedenfalls zu einem Wendepunkt, von dem an die Empfindlichkeit wieder sehr rasch abnimmt, weil man sich der Grenze der Farbenwahrnehmbarkeit nähert. Hiernach scheint es, dass für Ohr und Auge das Maximum der Empfindlichkeit oder die kleinste Reizschwelle der oberen Grenze der qualitativen Reizscala näher als der untern gelegen ist.

Bei denjenigen Sinneswerkzeugen, deren Empfindungen räumlich localisirt werden, ist die Empfindlichkeit ausserdem theils nach dem Ort theils nach der Ausdehnung des Reizes eine veränderliche. In ersterer Beziehung bietet die bedeutendsten Unterschiede jedenfalls die äussere Haut in Bezug auf ihre Druckempfindlichkeit dar. Während, wie oben bemerkt, an den empfindlichsten Stellen noch 0,002 Grm. eben verspürt werden, kann dieser Minimalwerth an andern bis auf 0,05 Grm. und darüber steigen[2]). Es ist nicht zu bezweifeln, dass diese Differenzen lediglich von der Dicke der Epidermisschichten herrühren, daher auch bei verschiedenen Individuen die Lage der empfindlichsten und der unempfindlichsten Stellen sehr bedeutend wechselt. Ebenso hängt es damit offenbar zusammen, dass die Empfindlichkeit der Haut für Temperaturen fast gar keine solchen Unterschiede darbietet[3]). Denn Wärme und Kälte können selbst durch die dicksten Epidermisschichten einwirken: hier finden sich daher nur Unterschiede in Bezug auf die Schnelligkeit, mit der wir die Zufuhr oder die Entziehung der Wärme wahrnehmen. Bei der Netzhaut des Auges kann die Empfindlichkeit der verschiedenen Punkte in doppelter Hinsicht untersucht werden, einmal in Bezug auf Lichtempfindlichkeit überhaupt, also die Empfindlichkeit für gewöhnliches weisses Licht, und sodann in Bezug auf die verschiedenen Farbeneindrücke. In ersterer Beziehung ist nun bis jetzt keinerlei Verschiedenheit nachweisbar; sollte eine solche existiren, so wird sie jedenfalls durch andere Einflüsse verdeckt[4]). Die Farbenempfindlichkeit nimmt

---

[1] Helmholtz, physiologische Optik S. 317. Um die Reizschwelle für verschiedene Farben zu vergleichen, müssten eigentlich dieselben stets bei gleicher lebendiger Kraft der Aetherschwingungen untersucht werden. Aber da die minder brechbaren Farben an und für sich eine grössere lebendige Kraft zu besitzen pflegen, so würde eine solche Correction die Unterschiede der Reizschwelle nur noch bedeutender machen. Uebrigens kommt Aubert nach Versuchen an farbigen Quadraten auf schwarzem und weissem Grunde, zu denen im Finstern so viel Licht zugelassen wurde, dass ihre Farbe eben erkannt werden konnte, zum entgegengesetzten Resultate, wonach das Auge für die minder brechbaren Strahlen empfindlicher sein soll (Physiologie der Netzhaut S. 127). Es ist aber möglich, dass in diesen Versuchen der Contrast mit dem Grunde von Einfluss gewesen ist.

[2] Aubert und Kammler a. a. O.

[3] E. H. Weber, Wagner's Handwörterb. der Physiol. III, 2. S. 552. Annotationes anatom. Prol. XV, XVI.

[4] Aubert, Physiologie der Netzhaut S. 95. Die Einflüsse, welche bei der Beurtheilung der Empfindlichkeit verschiedener Netzhautpunkte hauptsächlich in Betracht zu ziehen wären, sind 1) die objectiv geringere Lichtstärke der auf den Seitentheilen der Netzhaut entworfenen Bilder, welche dadurch entsteht, dass, je schräger ein Lichtbüschel einfällt, um so mehr Randstrahlen durch die als Blendung wirkende Iris abgehalten werden, und 2) der verschiedene Ermüdungszustand der einzelnen Netzhaut-

dagegen auf den Seitentheilen der Netzhaut sehr bedeutend ab. Dies äussert sich darin, dass die verschiedenen Farben im indirecten Sehen nicht mehr deutlich unterschieden werden können und daher alle, je nach der Lichtstärke des Grundes, auf dem man sie betrachtet, entweder weiss (auf dunklem Grunde) oder schwarz (auf hellem Grunde) erscheinen[1]. Darnach handelt es sich aber hier offenbar nicht um eine intensive Reizschwelle für die Farbenempfindung, sondern um qualitative Verschiedenheiten der letzteren, die vom Ort des Eindrucks abhängig sind.

Gegenüber diesen bei den verschiedenen Sinnesorganen und Sinneseindrücken ziemlich wechselnden Einflüssen des gereizten Ortes sind mit Bezug auf die Ausbreitung der Reize alle räumlich auffassenden Sinne gleichmässig von dem Gesetze beherrscht, dass ihre Reizempfindlichkeit bis zu einem gewissen Grade mit der Ausdehnung des Eindrucks zunimmt. Ein örtlich begrenzter Reiz, welcher zu schwach ist, um Empfindung zu erregen, kann also zur Reizschwelle werden, wenn eine grössere empfindende Fläche von demselben getroffen wird, oder, wie wir das nämliche Gesetz auch formuliren können: die intensive kann bis zu einem gewissen Grade durch eine extensive Reizsteigerung ersetzt werden. So empfinden wir, ob eine Flüssigkeit wärmer oder kälter als unsere Haut ist, viel leichter, wenn wir die ganze Hand, als wenn wir etwa bloss einen Finger in dieselbe eintauchen[2]. Ebenso wird die Empfindlichkeit der Netzhaut für Lichtintensitäten grösser, wenn die beleuchtete Netzhautstelle zunimmt[3]. Uebrigens gibt es in jedem dieser Sinnesgebiete eine obere Grenze, von welcher aus bei weiterer Ausdehnung des Reizes die Reizschwelle nicht mehr sinkt, und schon bei der Annäherung an diese Grenze wird sie langsamer abnehmen. Im allgemeinen wird also die Reizschwelle eine solche Function der Ausdehnung des Reizes sein, dass jene mit steigenden Werthen der letzteren sich immer weniger verändert und zuletzt einen constanten Grenzwerth erreicht. Blicken wir zurück auf die verschiedenen Einflüsse, die wir nun als bestimmend für die Reizempfindlichkeit der verschiedenen Sinne kennen gelernt haben, so sind die meisten der-

---

punkte. Da wir uns vorzugsweise der Netzhautmitte zum Sehen bedienen, so sind in der Regel die Seitentheile unermüdeter. Hierauf und nicht auf verschiedener Empfindlichkeit beruht es wahrscheinlich, dass bei astronomischen Beobachtungen zuweilen das indirecte Sehen benützt wird, um Sterne von sehr geringer Lichtstärke aufzufinden. Von Einfluss kann hierbei ausserdem der Umstand sein, dass die Bilder auf den Seitentheilen verwaschen erscheinen, wodurch punktförmige Objecte zwar lichtschwächer aber grösser gesehen werden.

[1] Purkinje, Beiträge zur Kenntniss des Sehens in subjectiver Hinsicht I, S. 76, II, S. 14. Aubert a. a. O. S. 118.

[2] E. H. Weber, Handwörterb. d. Phys. III, 2. S. 553. Weber spricht zwar an dieser Stelle nur davon, dass uns warmes Wasser wärmer erscheint, wenn wir die ganze Hand, als wenn wir bloss einen Finger in dasselbe eintauchen. Aber man kann sich leicht überzeugen, dass entsprechende Unterschiede der Reizschwelle existiren.

[3] Aubert, Physiol. der Netzhaut S. 108. Volkmann, physiol. Untersuchungen im Gebiete der Optik I, S. 51. Für die Farbenauffassung gilt das nämliche Gesetz (Aubert a. a. O. v. Wittich, med. Centralbl. 1863, S. 417), doch handelt es sich hier, wie bei der Farbenempfindung im indirecten Sehen, nicht sowohl um die Reizschwelle der Empfindung als um die Fähigkeit der qualitativen Unterscheidung. Auch bei den oben citirten Versuchen von Volkmann ist eigentlich nur der Einfluss der Extension des Reizes auf die Empfindung von Intensitätsunterschieden bestimmt worden, es ist aber nicht zu bezweifeln, dass die Reizschwelle im selben Sinne verändert wird.

selben zweifellos direct von den physiologischen Verhältnissen der Sinnesorgane, und zwar theils von den Verhältnissen der Zuleitung, theils von der specifischen Reizbarkeit der einzelnen Endapparate abhängig. Auf die ersteren ist z. B. die verschiedene Druckempfindlichkeit der einzelnen Hautstellen, auf letztere höchst wahrscheinlich die verschiedene Empfindlichkeit des Ohrs und des Auges für verschiedene Töne und Farben zurückzuführen. Nur ein Einfluss bleibt übrig, der unmöglich aus solchen wechselnden Bedingungen der Structur abgeleitet werden kann: dies ist die zuletzt besprochene Beziehung zwischen Ausdehnung des Reizes und Reizempfindlichkeit. Wenn eine Stelle α einer empfindenden Fläche von einem Reize a getroffen wird, so ist der ausgelöste Nervenprocess nicht kleiner und grösser, ob gleichzeitig eine zweite Stelle β getroffen wurde oder nicht[1]. Es muss sich also hier um ein allgemein gültiges Gesetz des Empfindens handeln, wonach einer Intensitätszunahme der Empfindung ein extensives Wachsthum des Empfindens innerhalb gewisser Grenzen äquivalent ist. In der That werden wir sehen, dass sich dieses Gesetz auch weiterhin bei der Vergleichung verschiedener Empfindungsintensitäten bewährt.

Weit unvollkommener noch als unsere Kenntniss der Reizschwelle für die verschiedenen Empfindungsgebiete ist diejenige der Reizhöhe oder jener Reizstärke, welche das Maximum der Empfindung bewirkt. Hier lässt sich bei dem Mangel aller eingehenden Untersuchungen nur die Vermuthung als eine sehr wahrscheinliche aussprechen, dass ähnliche Unterschiede existiren. So wird beim Auge die Empfindungshöhe zweifellos bei einer geringeren Reizstärke erreicht als beim Ohr, und dieses wird wieder an Reizempfänglichkeit durch die äussere Haut übertroffen. Auch bezüglich der Qualitäten der Empfindung finden sich Unterschiede. So erregen tiefe Töne erst bei einer bedeutenderen Stärke der Schwingungen unser Ohr als hohe: bei der Steigerung der Farbenreize erreichen die gelben Strahlen am frühesten die Maximalgrenze des Eindrucks, später die rothen und noch später die brechbarsten Farben des Spektrums[2]. Hiernach scheint es, dass, während das Maximum der Reizempfindlichkeit nahe bei der obern Grenze der Töne und Farben gelegen ist, umgekehrt die Reizempfänglichkeit bei der unteren Grenze derselben am grössten ist. Der Reizumfang, welcher von dem gegenseitigen Abstand der Schwelle und Höhe des Reizes abhängt,

---

[1] Sind die Reize in einer verschiedenen Form neben einander angeordnet, betrachtet man z. B. mit dem Auge leuchtende Objecte von verschiedener Gestalt, so kann allerdings noch ein physiologisches Moment ins Spiel kommen. So lässt sich z. B. denken, dass der Eindruck einer hellen Linie auch intensiv relativ stärker ist als der eines Punktes von gleicher Helligkeit, weil die Linie jedes der musivisch angeordneten Empfindungselemente der Retina in seinem ganzen Durchmesser schneidet, während das Bild des Punktes ein solches nur an einer einzigen Stelle trifft (vgl. VOLKMANN, physiol. Untersuchungen im Gebiete der Optik I, S. 52). Nimmt man aber jedesmal Flächen von gleicher Form, die nur in ihrer Grösse verschieden sind, so bleiben solche Einflüsse ausser Betracht.

[2] Vergl. Cap. IX.

variirt daher bei den verschiedenen Qualitäten weniger, als nach der Lage der Reizschwelle oder der Reizhöhe allein erwartet werden könnte. In der That gilt diese Regel auch bei der Vergleichung der verschiedenen Sinne, insofern diejenigen Sinnesorgane, deren Reizschwelle tief liegt, auch eine niedrige Reizhöhe besitzen[1].

Diese Betrachtungen lehren, dass in den verschiedenen Sinnesgebieten und selbst noch bei den verschiedenen Qualitäten eines und desselben Sinnes diejenigen Grenzwerthe des Reizes, welche den Grenzwerthen der Empfindung entsprechen, ausserordentlich von einander abweichen. Aber dabei bleiben die Grenzwerthe der Empfindung selbst, nämlich die eben merkliche Empfindung und die Maximalempfindung, überall Grössen von gleichem Werthe. Von der Empfindungsschwelle ist dies an und für sich klar: eine eben merkliche Empfindung hat immer dieselbe Grösse, ob es nun um Farben oder Töne oder irgend andere Empfindungen sich handeln mag. Wollte man behaupten, die eine eben merkliche Empfindung sei grösser oder kleiner als eine andere, so würde man damit sagen, sie sei grösser oder kleiner als eben merklich. Aber eine nähere Ueberlegung zeigt, dass auch die Maximalempfindung eine constante psychische Grösse sein muss. In jedem Sinnesgebiet ist diejenige Empfindung die möglichst grosse, welche das Bewusstsein mehr als jede andere in Anspruch nimmt. Da nun das Bewusstsein für alle Sinne das nämliche ist, so muss auch die Empfindungshöhe überall gleich gross sein[2]. Nur wenn das Bewusstsein selbst alterirt wird, so dass es den Sinnesempfindungen nicht mehr in derselben Weise zugänglich ist, ändern sich auch jene Grenzwerthe der Empfindung. Einen gleichen Zustand des Bewusstseins vorausgesetzt, hat aber der Empfindungsumfang eine constante Grösse. Die Empfindung bewegt sich also stets zwischen den gleichen Grenzen, während der Reiz bei den verschiedenen Sinnen sehr verschiedene Intensitätsgrade durchlaufen muss.

---

[1] Uebrigens ist hieraus keineswegs etwa zu schliessen, dass der Reizumfang constant sei. So müssen beim Gehör die tiefsten Töne, um nur die Reizschwelle zu erreichen, bereits eine enorme Schwingungsamplitude besitzen. Hier liegen daher ohne Zweifel Reizschwelle und Reizhöhe einander sehr nahe.

[2] Gegen diese Deduction könnte bezüglich der Empfindungshöhe dann Einsprache erhoben werden, wenn auch die Empfindungen, welche durch die möglichst starke Reizung zweier Sinne, also durch solche Reize, welche die Sinnesnerven alsbald zerstören, herbeigeführt würden, an Intensität verschieden wären. Dies könnte aber nur dann stattfinden, wenn die Reizhöhe, d. h. der Reiz, welcher der Empfindungshöhe entspricht, für irgend ein Sinnesorgan noch unter jener möglichen Maximalgrenze des Reizes gelegen wäre. In diesem Fall würde eben die Reizhöhe für das betreffende Sinnesorgan eine virtuelle sein: sie würde vermöge der besonderen Structurverhältnisse des Organs gar nicht erreicht werden können. Alle physiologischen Erfahrungen sprechen aber dafür, dass die Reizhöhe überall einen Werth hat, der noch erheblich unter jenem Grenzwerth des Reizes liegt, bei welchem der Sinnesnerv zerstört wird.

Um das Gesetz zu ermitteln, welches zwischen Schwelle und Höhe die Abhängigkeit der Empfindung vom Reiz beherrscht, ist es erforderlich für die Veränderung der Empfindung einen Grössenwerth zu finden, der sich in ähnlicher Weise unzweideutig feststellen lässt wie jene zur Bestimmung der Reizempfindlichkeit und -empfänglichkeit verwendeten Grenzwerthe der möglichst kleinen und der möglichst grossen Empfindung. Es gibt aber nur eine einzige Grösse, welche für die Veränderung der Empfindung als eine constante und darum unter allen Umständen vergleichbare Grösse betrachtet werden kann: dies ist die Minimalveränderung der Empfindung oder der eben merkliche Empfindungsunterschied. Lassen wir in verschiedenen Fällen den Reiz zu- oder abnehmen, so bemerken wir deutlich die Grenze, wo eben ein Intensitätsunterschied der Empfindung, eine Zu- oder Abnahme derselben spürbar wird. Ein solcher eben merklicher Intensitätsunterschied ist wieder aus demselben Grunde, wie die eben merkliche Empfindungsintensität, ein psychischer Werth von constanter Grösse. Denn wäre ein eben merklicher Unterschied grösser oder kleiner als ein anderer, so wäre er grösser oder kleiner als eben merklich, was ein Widerspruch ist. Wir können also mit absoluter Sicherheit sagen, dass, wenn sich in verschiedenen Fällen Empfindungen, wie dieselben auch qualitativ von einander abweichen mögen, um ein eben merkliches verändert haben, sie sich in allen diesen Fällen um gleiche Grade ihrer Stärke verändert haben

Auch hier handelt es sich demnach darum einen Grenzwerth zu finden, und zwar, ähnlich wie bei der Bestimmung der Empfindungsschwelle, mit welcher dieses Verfahren am nächsten verwandt ist, einen unteren Grenzwerth. In der That kann man die Grössen, die hier in Betracht kommen, wieder als Schwellenwerthe bezeichnen. Unsere Aufgabe ist es, zum Schwellenwerth des Empfindungszuwachses den Schwellenwerth des Reizzuwachses zu finden: als solcher ist diejenige Zunahme des Reizes zu betrachten, welche einer eben merklichen Empfindungszunahme entspricht. Man kann diesen Werth die Unterschiedsschwelle des Reizes, die dazu gehörige eben merkliche Empfindungsänderung aber die Unterschiedsschwelle der Empfindung nennen[1]. Wie die Empfindungsschwelle, so ist auch die Unterschiedsschwelle der Empfindung eine constante Grösse. Ihr werden aber voraussichtlich unter verschiedenen Umständen sehr verschiedene Werthe der Unterschiedsschwelle des Reizes entsprechen, da sich ja der Reiz bei constantem Empfindungsumfang je nach dem Sinnesgebiete zwischen sehr wechselnden Grenzwerthen ändert.

---

[1] Der Ausdruck Unterschiedsschwelle ist ebenfalls von FECHNER in die Psychologie eingeführt; gleichbedeutend braucht er die Bezeichnung Verhältnissschwelle. (Elemente der Psychophysik I, S. 242, 244.

Die einfachste und naheliegendste Methode, um nun mittelst des gewonnenen Maassprincips die Beziehung zwischen Empfindungs- und Reizänderungen zu finden, besteht darin, dass man direct, von einer Reizstärke zur andern übergehend, die einem eben merklichen Unterschied der Empfindung entsprechenden Werthe der Unterschiedsschwelle des Reizes ermittelt. Aber dieses directe Verfahren, das man als die Methode der eben merklichen Unterschiede bezeichnet, bietet, namentlich in gewissen Sinnesgebieten, einige Unsicherheit in seiner Handhabung. Darüber ob eine Empfindung eben merklich von einer andern verschieden sei, können wir leicht zweifelhaft bleiben, und wir werden daher leicht den Reiz, welcher der Unterschiedsschwelle entsprechen soll, entweder zu schwach wählen, wo die Empfindung untermerklich wird, oder zu stark, wo sie übermerklich wird. Auf diese Weise können wir nur durch allmäliges Probiren das eben merkliche als den ungefähren Grenzpunkt zwischen dem unter- und übermerklichen finden. Das so von selbst sich ergebende Schwanken bei der Feststellung des Reiz- und Empfindungsunterschieds führt nun zu einigen weiteren indirecten Methoden, die bei geeigneter Anwendung der directen Aufsuchung der Unterschiedsschwelle in gewisser Beziehung überlegen sind[1]).

Zunächst ist nämlich klar, dass, je kleiner der Unterschied des Reizes ist, der in der Empfindung merklich wird, um so kleiner auch derjenige Reizunterschied sein wird, welcher in der Empfindung nicht mehr merklich ist. Man kann darum auch die Präcision festzustellen suchen, mit welcher, wenn ein erster Reiz gegeben ist, ein zweiter nach der Empfindung abgestuft wird, um demselben gleich zu werden. Handelt es sich z. B. um die Unterschiedsempfindlichkeit für den Druck von Gewichten, so wird diese nach der Methode der eben merklichen Unterschiede direct bestimmt, indem man diejenige Gewichtszulage ermittelt, welche zu einem gegebenen Gewichte hinzugefügt einen Unterschied der Druckempfindung hervorbringt. Statt dessen kann man aber auch ein zweites Gewicht so abzustufen suchen, dass es eine von dem ersten nicht zu unterscheidende Druckempfindung erzeugt. Die Präcision, mit der dies geschieht, ist umgekehrt proportional dem durchschnittlich begangenen Fehler; zu dem letzteren muss also auch die Unterschiedsempfindlichkeit in reciprokem Verhältnisse stehen. Maassgebende Werthe für den Betrag dieses Fehlers erhält man aber hier der Natur der Sache nach erst aus zahlreichen Einzelbeobachtungen, da der im einzelnen Fall begangene Fehler von dem einem fortwährenden Wechsel unterworfenen Stand des Bewusstseins und andern zufälligen Nebenumständen mitbestimmt ist, welche erst in einer

---

[1]) Fechner, Elemente der Psychophysik I, S. 71, 94, 120.

grössern Zahl von Versuchen sich ausgleichen. Man nennt daher dieses Verfahren die Methode der mittleren Fehler. Die Anwendung desselben zeigt, dass jene Bedingungen, die neben der Unterschiedsempfindlichkeit den einzelnen Fehler bestimmen, bei noch so zahlreichen Beobachtungen sich nicht vollständig ausgleichen, sondern dass regelmässig eine constante Abweichung nach einer Richtung übrig bleibt. So werden z. B. die bei der Schätzung zweier in der Empfindung gleich erscheinender Druckgrössen begangenen Fehler, so weit sie bloss von der Unterschiedsempfindlichkeit herrühren, ebenso leicht positiv als negativ sein, d. h. es wird das Gewicht, welches dem andern gleich gemacht werden soll, durchschnittlich ebenso leicht grösser als kleiner sein. Dies ist nun aber nicht der Fall, sondern man findet stets, dass in einer noch so grossen Zahl von Beobachtungen durchschnittlich eine grössere Neigung besteht, entweder das zweite Gewicht grösser oder es kleiner zu machen als das erste; beides wechselt unter verschiedenen Umständen, z. B. zu verschiedenen Zeiten oder je nach der Stelle der Haut, auf welche der Druck einwirkt. Den aus den Beobachtungen unmittelbar abgeleiteten mittleren Fehler kann man daher gewissermaassen in zwei Componenten zerlegen, deren eine immer eine Abweichung in einer bestimmten Richtung bewirkt, die bei constant erhaltenen Zeit- und Raumbedingungen constant bleibt, und deren andere von der durch die vorige constante Abweichung bedingten Mittellage an gleich stark nach der einen und der andern Seite gerichtet ist. Man zerlegt also den rohen mittleren Fehler in einen constanten Mittelfehler, der theils von dem Stand des Bewusstseins, theils von noch unerklärten physiologischen Bedingungen abhängt, und in einen variabeln Mittelfehler, der allein zum Maass der Unterschiedsempfindlichkeit benutzt werden darf, und der aus dem rohen mittleren Fehler durch Elimination des constanten Fehlers gefunden werden muss [1].

---

[1] Nach den allgemeinen Principien der Fehlertheorie lässt sich in einem solchen Fall der rohe Fehler in seine beiden Partialfehler in derselben Weise wie eine resultirende Kraft in ihre beiden rechtwinkligen Componenten zerlegen. Ist also f der rohe, c der constante und φ der reine variable Fehler bei einer einzelnen Beobachtung, so hat man

$$f^2 = c^2 + \varphi^2 \text{ oder } f = \sqrt{c^2 + \varphi^2}.$$

Hier lässt sich c eliminiren, wenn man mehrere Versuchsreihen ausführt, in denen entweder die mittleren Werthe von φ wechseln und die von c constant bleiben, oder in denen c wechselt und φ constant bleibt. Hat man so für jeden einzelnen Versuch aus dem rohen Fehler f die variabeln φ, φ', φ'' ... berechnet, so ergibt sich der mittlere variable Fehler F, auf dessen Bestimmung es ankommt, nach dem nämlichen Princip aus der Gleichung

$$F^2 = \frac{\varphi^2 + \varphi'^2 + \varphi''^2 \dots}{n},$$

wenn n die Zahl der Beobachtungen ist, oder

Lässt man ferner zwei Reize auf ein Sinnesorgan einwirken, die so wenig von einander verschieden sind, dass ihnen Empfindungen von nicht mehr deutlich merkbarem Unterschiede entsprechen, so werden solche Reize nicht immer als gleich sondern häufig auch als verschieden beurtheilt werden, indem bald der erste Reiz intensiver als der zweite, bald der zweite intensiver als der erste erscheint. In einer grösseren Reihe von Beobachtungen wird also auf eine gewisse Zahl richtiger eine gewisse Zahl falscher Urtheile kommen. Das Verhältniss der richtigen Fälle r zur Gesammtzahl n, der Quotient $\frac{r}{n}$, wird offenbar um so mehr der Einheit $\left(\frac{n}{n}\right)$ sich nähern, je näher man erstens den Reizunterschied dem eben merklichen bringt, und je grösser zweitens die Unterschiedsempfindlichkeit ist. Lässt man daher in verschiedenen Beobachtungsreihen den Reizunterschied constant, so wird der Quotient $\frac{r}{n}$ ein Maass der Unterschiedsempfindlichkeit. Dieses dritte Verfahren, welches man als die Methode der richtigen und falschen Fälle bezeichnet, geht aus der ersten, der directen Bestimmung der eben merklichen Unterschiede, unmittelbar hervor, wenn man die Reizunterschiede so klein nimmt, dass sie nicht völlig die Unterschiedsschwelle erreichen. Lässt man z. B. successiv zwei Gewichte auf eine Hautstelle drücken, deren Unterschiede kleiner sind als eben merklich, so können die beiden Gewichte entweder als gleich oder als ungleich beurtheilt werden, und im letzteren Fall kann das grössere oder das kleinere grösser erscheinen. Man hat also richtige, falsche und zweideutige Fälle, zu welchen letzteren auch diejenigen gehören, in denen das Urtheil zweifelhaft bleibt. Der Quotient $\frac{r}{n}$ wird nun gebildet, indem man die zweideutigen Fälle zur Hälfte den richtigen, zur Hälfte den falschen zurechnet. Es ist im allgemeinen klar, dass der Quotient $\frac{r}{n}$ grösser werden muss, wenn die Unterschiedsempfindlichkeit zunimmt. Dennoch kann derselbe nicht, wie der reciproke Werth des eben merklichen Unterschieds oder des mittleren variabeln Fehlers, unmittelbar als Maass derselben dienen. Denn ein doppelt so grosser Werth von $\frac{r}{n}$ entspricht keineswegs etwa einer doppelt so grossen Unterschiedsempfindlichkeit, sondern diese

---

$$F = \sqrt{\frac{\Sigma\,(\varphi^2)}{n}},$$

wofür jedoch, wenn es sich nicht um die äusserste Genauigkeit handelt, auch das gewöhnliche arithmetische Mittel

$$F = \frac{\Sigma\,\varphi}{n}$$

gesetzt werden kann. Vgl. FECHNER, Elemente der Psychophysik I, S. 120 f.

ist dann doppelt so gross, wenn der Zuwachs des Reizes, welcher denselben Werth von $\frac{r}{n}$ herbeiführt, im einen Fall halb so gross ist als in einem andern. Wenn z. B. in einer ersten Reihe ein Druck $P + 0,4\ P$, in einer zweiten $P + 0,2\ P$ (wo P den ursprünglichen Druck bezeichnet) den gleichen Werth für $\frac{r}{n}$ herbeiführten, so würde die Unterschiedsempfindlichkeit hier doppelt so gross sein als dort. Man muss also, um mittelst dieser Methode die Unterschiedsempfindlichkeit in verschiedenen Fällen zu bestimmen, entweder den Reizzuwachs S so variiren, dass $\frac{r}{n}$ immer gleich bleibt, oder man muss aus den verschiedenen Werthen $\frac{r'}{n'}, \frac{r''}{n''}, \frac{r'''}{n'''} \ldots$, die man bei constant erhaltenem Reizzuwachs erhalten hat, berechnen, welcher Werth S nöthig gewesen wäre, um immer dasselbe $\frac{r}{n}$ zu erhalten. Da das erste dieser Verfahren zu umständlich sein würde, so ist nur das zweite anwendbar[1]). Die Unterschiedsempfindlichkeit aber ist dem Werthe $\frac{1}{S}$ proportional. Auch bei der Methode der richtigen und falschen Fälle kommt das Gesetz der grossen Zahlen zur Anwendung d. h. das Princip, dass veränderliche Bedingungen, welche die Resultate mit beeinflussen, in einer grossen Zahl von Beobachtungen sich ausgleichen. Aber auch hier gilt solche Ausgleichung nur insofern, als jene Nebenumstände nicht in einem c o n s t a n t e n Sinne wirksam sind. Dieselben Verhältnisse, ein gewisser gleich bleibender Stand des Bewusstseins und in gleicher Richtung wirkende physiologische Bedingungen, die bei der vorigen Methode einen constanten mittleren Fehler herbeiführen, bedingen bei der gegenwärtigen constante Abweichungen, welche eliminirt werden müssen. Dies geschieht, indem man verschiedene Beobachtungsreihen ausführt, in denen entweder S constant bleibt, während die Miteinflüsse wechseln, oder umgekehrt[2]).

---

[1]) Uebrigens berechnet man bei demselben nicht direct den Reizzuwachs S, bei welchem $\frac{r}{n}$ constant bleibt, sondern einen Werth hD, worin h eine in der Theorie der kleinsten Quadrate als Präcisionsmaass bezeichnete Grösse und D den in der betreffenden Versuchsreihe benutzten Reizzuwachs bedeutet. Der Werth h, welcher durch Division der für hD gewonnenen Zahl mit D erhalten wird, ist dann jenem oben erwähnten Reizzuwachs S reciprok, also der Unterschiedsempfindlichkeit direct proportional. Ueber die Ableitung von h aus $\frac{r}{n}$ vgl. FECHNER's Elemente I, S. 104, und ebend. S. 108 f. Tabellen über die zu wachsenden Werthen von $\frac{r}{n}$ gehörigen Werthe hD.

[2]) Dabei können durch veränderte Versuchsbedingungen ausserdem die verschiedenen Miteinflüsse von einander geschieden werden. Vgl. FECHNER a. a. O. S. 113 f.

Demnach lässt sich als Maass der Unterschiedsempfindlichkeit benutzen 1) der reciproke Werth der Unterschiedsschwelle des Reizes: $\frac{1}{U}$, 2) der reciproke Werth des mittleren variabeln Fehlers: $\frac{1}{F}$, und 3) der reciproke Werth desjenigen Reizzuwachses, welcher in verschiedenen Fällen das gleiche Verhältniss $\frac{r}{n}$ (richtiger und falscher Fälle) herbeiführt: $\frac{1}{S}$. Die drei Maasse sind aber nach ihrer absoluten Grösse nicht unmittelbar mit einander vergleichbar. Betrachtet man das gegenseitige Verhältniss der drei Methoden genauer, so ist nicht zu verkennen, dass sie alle von der ersten, der Methode der eben merklichen Unterschiede, ihren Ausgang nehmen. Denn auf den Begriff der Unterschiedsschwelle des Reizes, welchen diese direct zu bestimmen sucht, führen auch die beiden andern hinaus, und sie müssen das, weil die Unterschiedsschwelle das einzige ist was zwischen den Grenzen der Minimal- und Maximalempfindung der psychischen Maassbestimmung zugänglich bleibt. Aber die Unterschiedsschwelle der Empfindung hat nicht jene absolute Constanz, welche die erste Methode streng genommen voraussetzt, sondern sie ist je nach dem Stand des Bewusstseins und äusseren physiologischen Bedingungen fortwährenden Schwankungen unterworfen. Die zweite und dritte Methode gehen nun von dem Princip aus, dass solche Schwankungen in einer grösseren Zahl von Beobachtungen sich ausgleichen oder gewisse mittlere Abweichungen bedingen, welche wieder durch Zusammenfassung vieler Beobachtungsreihen eliminirt werden können. Diese beiden Methoden sind daher der directen Bestimmung der Unterschiedsschwelle in doppelter Beziehung überlegen: erstens, indem sie die Unsicherheit beseitigen, welche der einmaligen Feststellung eines eben merklichen Unterschiedes als eines Grenzfalles zwischen dem unter- und übermerklichen immer anhaftet, und zweitens, indem sie den wechselnden Einfluss des Bewusstseinszustandes und physiologischer Verhältnisse theils unmittelbar, durch Compensation nach dem Gesetz der grossen Zahlen, theils mittelbar, durch Bestimmung der davon herrührenden constanten Fehler und constanten Miteinflüsse, zu eliminiren gestatten. Während wir bei der ersten Methode den Grenzwerth bestimmen, wo der Unterschied der Empfindung eben merklich zu werden beginnt, legt die zweite denjenigen Grenzwerth zu Grunde, wo jener Unterschied aufhört merklich zu sein. Bei der dritten aber wird ein zwischen diesen beiden Grenzfällen gelegener Werth angenommen, den man willkürlich dem einen oder andern näher bringen kann, indem man S grösser oder kleiner nimmt, beziehungsweise den Bruch $\frac{r}{n}$ der Einheit mehr oder weniger sich nähern lässt. In dem Moment, wo eben $\frac{r}{n}$ der Einheit gleich wird, geht die

dritte in die erste Methode, und sobald es seinen Minimalwerth erreicht, geht sie in die zweite Methode über. Die Thatsache, dass es für die Bestimmung jener einzigen Veränderlichen der Empfindung, der Unterschiedsschwelle, nicht bloss *eine* sondern drei Methoden gibt, beruht also darauf, *dass die Unterschiedsschwelle der Empfindung einen gewissen Umfang hat*, der durch Zustände des Bewusstseins und äussere Momente in seiner Grösse bestimmt wird. Die Methode der eben merklichen Unterschiede ermittelt den *oberen*, die Methode der mittleren Fehler den *unteren* Grenzwerth, die Methode der richtigen und falschen Fälle nimmt einen zwischen beiden gelegenen Punkt an, der durch willkürliche Variation der Versuchsbedingungen bald näher der unteren, bald näher der oberen Grenze gewählt werden kann [1].

Der nächste Ausdruck für das Gesetz, nach welchem sich zwischen den Grenzen der Schwelle und Höhe mit dem Reize die Empfindung verändert, wird je nach der Methode, von der man ausgeht, ein verschiedener. Bei der Methode der eben merklichen Unterschiede findet man, *dass der Zuwachs des Reizes, welcher eine eben merkliche Aenderung der Empfindung hervorbringt, zu der Reizgrösse, zu welcher er hinzukommt, immer im selben Verhältnisse steht.* Muss man also zu einem Gewichte 1 ein Gewicht $\frac{1}{3}$ zulegen, damit der Druckunterschied eben merklich werde, so muss ein Gewicht 2 um $\frac{2}{3}$, ein Gewicht 3 um 1 wachsen, wenn ein merklicher Unterschied der Empfindung entstehen soll. Bei der Methode der mittleren Fehler ergibt sich, *dass der mittlere variable Fehler, welcher bei der Vergleichung eines Reizes mit einem andern, von dem er nicht merklich verschieden ist, begangen wird, stets einen constanten Bruchtheil des Reizes ausmacht.* Es werde z. B., wenn einem Gewicht von der Grösse 1 ein anderes gleich gemacht werden soll, ein durchschnittlicher variabler Fehler von $\frac{1}{10}$ begangen, so beträgt dieser Fehler $\frac{2}{10}$, wenn das Gewicht = 2 ist, $\frac{3}{10}$, wenn es = 3 ist, u. s. f. Bei der

[1] Hiernach kann ich FECHNER's Ansicht über das Verhältniss der drei Methoden nicht vollständig theilen, wenn er (Psychophysik I, S. 73) dasselbe so bestimmt, dass bei der Methode der eben merklichen Unterschiede die Grenze zwischen übermerklichen und untermerklichen Unterschieden beobachtet, bei der Methode der mittleren Fehler untermerkliche Unterschiede gemessen und bei der Methode der richtigen und falschen Fälle *übermerkliche* Unterschiede gezählt werden, die nach Zufälligkeiten bald in richtigem bald in falschem Sinne ausfallen. Vielmehr haben es, wie ich glaube, alle drei Methoden mit der Grenze des eben Merklichen zu thun, die aber keine scharfe Linie ist, sondern eine gewisse Ausdehnung besitzt, daher bei ihr ein oberer und ein unterer Grenzwerth sowie irgend ein zwischen diesen eingeschlossener Mittelwerth gemessen werden kann.

Methode der richtigen und falschen Fälle endlich findet sich, dass, wenn nach Elimination der Miteinflüsse bei der Vergleichung zweier unmerklich verschiedener Reize das Verhältniss $\frac{r}{n}$ der richtigen Entscheidungen zur Gesammtzahl der Fälle constant bleiben soll, die beiden verglichenen Reize stets dasselbe Verhältniss zu einander behalten müssen. Angenommen, ein Druck 1 verglichen mit einem Druck $1 + \frac{1}{5}$ gebe ein bestimmtes Verhältniss $\frac{r}{n}$, so muss der Druck 2 mit einem andern $2 + \frac{2}{5}$, 3 mit $3 + \frac{3}{5}$ verglichen werden, damit wieder dasselbe Verhältniss $\frac{r}{n}$ erhalten bleibe.

Man sieht leicht ein, dass es sich in diesen drei Fällen nur um verschiedene empirische Ausdrücke für ein und dasselbe Gesetz handelt, welches wir, da bei der ersten Methode direct, bei den zwei andern aber indirect die dem gleichen Empfindungszuwachs entsprechende Reizänderung bestimmt wird, allgemein so ausdrücken können: Wenn die Intensität der Empfindung um gleiche absolute Grössen zunehmen soll, so muss der relative Reizzuwachs constant bleiben. Oder: Ein Unterschied je zweier Reize wird als gleich gross empfunden, wenn das Verhältniss derselben unverändert bleibt. In der durch die Methode der eben merklichen Unterschiede gegebenen Form ist dieses Gesetz zuerst von E. H. Weber festgestellt, auf dem Wege der zwei andern Methoden ist es von Fechner geprüft und als das Weber'sche oder psychophysische Grundgesetz bezeichnet worden[1].

Bei jeder der drei angegebenen Methoden bedient man sich zur Feststellung des Grundgesetzes sehr kleiner Empfindungsänderungen, die sich im allgemeinen zwischen zwei sehr nahe bei einander gelegenen Grenzwerthen bewegen, einem, wo die Aenderung merklich zu werden anfängt, und einem andern, wo sie aufhört dies zu sein. Die Empfindungsänderungen, deren man sich bedient, sind also verschwindende oder eben erscheinende Grössen. Solche Grössen, die gegen endliche Werthe eben verschwinden, pflegt man aber als Differentialgrössen erster Ordnung zu bezeichnen. Werthänderungen derselben, die für sie selbst in Betracht kommen, bringen in ihrem Verhältniss gegen endliche Grössen noch keine irgend spürbare Abweichung hervor. Diejenigen Grössen, deren Werthe und merkliche Werthveränderungen wieder gegen die Differential-

[1] E. H. Weber, Annotationes anatomicae (Programmata collecta). Prol. XII (1831) Art. Tastsinn und Gemeingefühl im Handwörterb. der Physiologie III, 2, S. 481. Fechner Abhandlungen der kgl. sächs. Gesellschaft zu Leipzig. VI. (Math.-phys. Cl. IV) S. 455 Elemente der Psychophysik. Leipzig 1860.

erster Ordnung verschwinden, werden dann als Differentiale zweiter, dritter u. s. w. Ordnung betrachtet. Es ist nun eine charakteristische Eigenthümlichkeit der psychischen Messung, dass die intensiven psychischen Grössen schlechterdings nur an ihren Differentialen erster Ordnung gemessen werden können. Denn für das Verhältniss endlicher Empfindungen zu einander haben wir keinen Maassstab, und solche Empfindungsgrössen, die gegen verschwindende Empfindungen wieder verschwinden, können auch nicht weiter in Betracht kommen. Dagegen ist die Differentialempfindung erster Ordnung das natürliche Maass der Empfindungsänderung, weil sie im Vergleich mit jeder endlichen Empfindung immer denselben Werth behält, nämlich verschwindend klein ist, und weil daher auch Aenderungen dieser Differentialgrösse, die für sie selbst in Betracht kommen, gegenüber der Intensität endlicher Empfindungen verschwinden. In der That machen wir von der letzteren Eigenschaft bei den drei Methoden der psychophysischen Messung Gebrauch, indem wir bei jeder eigentlich eine andere sehr kleine Grösse benutzen, bei der ersten die eben erscheinende, bei der zweiten die eben verschwindende Aenderung, bei der dritten einen zwischen beiden Grenzen gelegenen Werth, und jeden dieser Werthe doch mit vollem Recht als das erste Differential der Empfindung betrachten dürfen. Obgleich wir nun dergestalt jeweils nur die Aenderungen des Reizes bestimmen können, welche verschwindenden Aenderungen der Empfindung entsprechen, so können wir doch aus den so gewonnenen Resultaten auch schliessen, in welchem Verhältniss Zuwüchse der Empfindung von endlicher Grösse zu den entsprechenden Zuwüchsen des Reizes stehen. Denn wenn wir bei einer Curve ermitteln, wie sich für verschiedene Abscissenwerthe k, $2k$ u. s. w. (s. unten Fig. 68) zu einer verschwindend kleinen Zunahme dE der Abscisse die entsprechende Zunahme dR der Ordinate verhält, so lässt sich aus dem für die verschiedensten Werthe von E bestimmten Verhältniss $\frac{dE}{dR}$ die ganze Gestalt der Curve, d. h. die Beziehung, welche zwischen endlichen Werthen von E und R stattfindet, erschliessen. In der That haben wir in der allgemeinen Formulirung des psychophysischen Gesetzes diese Beziehung zwischen endlichen Reiz- und Empfindungsänderungen bereits vorausgreifend festgestellt. Da nämlich, welchen Werth wir dem Reiz auch geben mochten, für je eine unendlich kleine Empfindungszunahme immer dasselbe Verhältniss zwischen Reizzuwachs und ursprünglichem Reize gefunden wurde, so konnten wir allgemein schliessen, dass überhaupt gleiche absolute Veränderungen der Empfindungen, auch solche von endlicher Grösse, entstehen, wenn der Reiz um gleiche relative Grössen sich ändert. Die mathematische Form der so für die Beziehung zwischen Empfindung und Reiz festgestellten Function ist die

nämliche, wie sie zwischen den Logarithmen und den ihnen zugehörigen Grundzahlen stattfindet. Die Logarithmen ändern sich um gleiche absolute Grössen, wenn die Grundzahlen um gleiche relative Grössen zunehmen. Es lässt sich daher dem psychophysischen Grundgesetz der mathematische Ausdruck geben: die Empfindung ist proportional dem Logarithmus des Reizes. Bezeichnet man die Reizstärke mit R, die zugehörige Stärke der Empfindung mit E, den Schwellenwerth des Reizes, also denjenigen, für welchen $E = 0$ ist, mit a, endlich mit C eine aus den Versuchen zu bestimmende Constante, so wird dieses Gesetz ausgedrückt durch die Gleichung:

$$E = C. \log. \frac{R}{a},$$

welche, wenn man den Schwellenwerth des Reizes $= 1$ setzt, die einfache Form annimmt:

$$E = C. \log. R.$$

Geometrisch lässt sich das psychophysische Grundgesetz auf doppelte Weise versinnlichen. Trägt man nämlich auf die Empfindungsstärken als Abscissen die zugehörigen Reizstärken als Ordinaten auf, so erhält man die in Fig. 68 gezeichnete Curve, welche eine gewöhnliche Logistik oder logarithmische Linie ist. Nimmt man dagegen die Reizstärken zu Abscissen, die zugehörigen Empfindungsstärken zu Ordinaten an, so erhält man die unten in Fig. 69 dargestellte Linie.

Um die oben gegebene mathematische Form für das psychophysische Grundgesetz abzuleiten, kann man entweder sogleich seinen allgemeinsten Ausdruck zu Grunde legen, in der es sich auch auf endliche Werthe der Empfindung bezieht, oder von der Betrachtung des Differentials der Empfindung nach der vorhin festgestellten Bedeutung dieses Begriffs ausgehen. Beginnen wir mit dem letzteren, welches eigentlich allein direct durch Beobachtung zu bestimmen ist, und bezeichnen wir dasselbe durch $d\,E$, den Reiz durch R und den dem Differential $d\,E$ entsprechenden Zuwachs des Reizes durch $d\,R$, so lässt sich das psychophysische Grundgesetz durch die folgende Fundamentalformel darstellen,

$$d\,E = K. \frac{d\,R}{R},$$

welche ausdrückt, dass jeder unendlich kleinen Veränderung der Empfindung ein constantes Verhältniss von Reizzuwachs und Reiz entspricht.

Um für das Gesetz in seiner Beziehung auf endliche Empfindungsgrössen einen Ausdruck zu gewinnen, wollen wir zunächst die geometrische Versinnlichung zu Hülfe nehmen. Wir denken uns demgemäss die Empfindungszuwüchse als Theile von gleicher Grösse auf eine Abscissenlinie aufgetragen, die correspondirenden Reizzuwüchse sollen dann als Zunahmen der Ordinaten erscheinen (Fig. 68). Es sei jeder Abscissentheil $= \frac{E}{n}$, womit angedeutet werde, dass wir uns die endliche Empfindungsstärke E in n Abscissentheile

getheilt denken. Die Grösse $\frac{E}{n}$ wollen wir mit k, ferner die Ordinate am Nullpunkte mit a, die darauf folgenden successiv den Abscissenwerthen $k, 2\,k, 3\,k\ldots$ entsprechenden mit $b, c, d\ldots$, bezeichnen. Nun soll nach dem psychophysischen Grundgesetz gleichen Zuwüchsen k immer dasselbe Verhältniss der Ordinaten, zwischen denen jeder Theil k eingeschlossen ist, entsprechen. Es ist demnach $\frac{b}{a} = \frac{c}{b} = \frac{d}{c} \ldots$ ein constantes Verhältniss, und die auf einander folgenden Ordinaten bilden folgende Reihe:

$$a,\ b,\ \frac{b^2}{a},\ \frac{b^3}{a^2} \cdots \frac{b^n}{a^{n-1}},$$

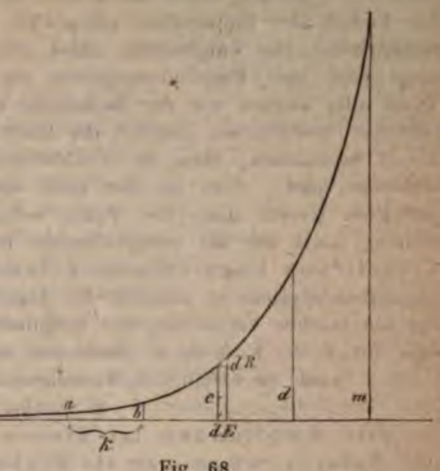


Fig. 68.

worin a die Ordinate für den Abscissenwerth 0 und $\frac{b^n}{a^{n-1}}$ dieselbe für den Abscissenwerth $n\,k = E$ ist. Bezeichnen wir die entsprechende Reizordinate mit R, so ergibt sich, wenn man in den der Abscisse E zugehörigen Werth $\frac{b^n}{a^{n-1}}$ der Ordinate für n den Werth $\frac{E}{k}$ einführt, als allgemeine Beziehung zwischen den Abscissen und Ordinaten der Curve die Gleichung

$$R = a \cdot \left(\frac{b}{a}\right)^{\frac{E}{k}}$$

oder, wenn man die willkürlich zu bestimmende Anfangsordinate $a = 1$ setzt,

$$R^k = b^E,$$

woraus die Grundgleichung für die Beziehung zwischen Empfindung und Reiz entsteht:

$$E \ log.\ nat.\ b = k \ log.\ nat.\ R,$$

$$E = k \frac{log.\ nat.\ R}{log.\ nat.\ b}.$$

Diese Gleichung ist von FECHNER als die psychophysische Maassformel bezeichnet worden, weil sie unmittelbar zur Messung von Empfindungsgrössen benützt werden kann, während die Fundamentalformel nur das allgemeine Gesetz des Wachsthums der Empfindung ausspricht. Vor der wirklichen Anwendung der Maassformel muss aber die Bedeutung der in ihr vorkommenden Constanten b und k, sowie die Einheit des Reizes, welche man annimmt, festgestellt sein. Letzteres ist bereits stillschweigend geschehen, indem wir die dem Abscissenwerthe 0 entsprechende Anfangsordinate $a = 1$ setzten. Der Abscissenwerth 0 ist nämlich offenbar der Grenzpunkt, wo die Empfindung überhaupt beginnt, die Empfindungsschwelle. $a = 1$ bedeutet also, dass als Einheit des Reizes der Schwellenwerth desselben genommen wurde. In der Thatsache, dass bei jedem logarithmischen System der Logarithmus der $1 = 0$ ist, liegt die Nothwendigkeit diese Einheit zu wählen eingeschlossen. Ferner ist b diejenige Ordinate, welche dem Abscissenwerthe k entspricht. Nun kön-

nen wir für die Empfindung, ebenso wie für den Reiz jede beliebige Einheit wählen. Nehmen wir also k zur Einheit, was in der Annahme, das $nk = E$ sein soll, eigentlich schon inbegriffen ist, so wird b diejenige Reizgrösse, welche der Einheit der Empfindung entspricht. Die Wahl der Einheit k ist vollkommen willkürlich. Die Empfindung selbst gibt gar kein Princip an die Hand, wodurch diese oder jene Empfindungsgrösse als die zweckmässigere Einheit erschiene. Wohl aber können wir der Beziehung zum Reiz ein solches Princip entnehmen. Offenbar werden wir nämlich die Einheit der Empfindung am zweckmässigsten derart bestimmen, dass ihr Verhältniss zur Einheit des Reizes ein möglichst einfaches wird. Dies ist aber nach dem zwischen Empfindung und Reiz festgestellten Gesetz dann der Fall, wenn wir die Einheit der Empfindung so wählen, dass die ihr entsprechende Reizgrösse gleich ist der Basis des natürlichen Logarithmensystems, also $= 2,7183 \ldots$ Bei jedem Logarithmensystem ist nämlich der Logarithmus der Basis $= 1$, setzen wir daher ein solches Verhältniss der Empfindungseinheiten zu den Reizeinheiten fest, dass für $k = 1$ $b = e$ (Basis der natürlichen Logarithmen), also $log.\ nat.\ b = 1$ wird, so erhält die Maassformel ihre einfachste Form:

$$E = log.\ nat.\ R.$$

Die Empfindung ist gleich dem natürlichen Logarithmus des Reizes, wenn man als Einheit des Reizes die Reizschwelle und als Einheit der Empfindung diejenige Intensität der Empfindung wählt, welche dem 2,7183fachen Werth der Reizschwelle entspricht.

Die Umformungen, welche man mit dieser Gleichung vornehmen muss, wenn die Einheiten von Reiz und Empfindung anders bestimmt werden, liegen auf der Hand. Nehmen wir zunächst als Einheit der Empfindung nicht die dem 2,7183fachen Werth der Reizschwelle entsprechende Grösse sondern irgend eine andere, so wird die Maassformel durch folgende Gleichung ausgedrückt werden können:

$$E = K\ log.\ nat.\ R,$$

wo K eine von der gewählten Einheit abhängige Constante bedeutet. Wird ausserdem auch die Reizeinheit so bestimmt, dass sie nicht dem Schwellenwerth des Reizes entspricht, so haben wir, wenn a den Schwellenwerth bedeutet, offenbar in der obigen Formel nur $\frac{R}{a}$ statt R zu setzen, um die vorigen Reizeinheiten in die neuen überzuführen. Will man sich endlich statt der natürlichen der gewöhnlichen Logarithmen bedienen, so hat man lediglich die Constante K durch den Modul M des Logarithmensystems zu dividiren, d. h. statt K eine neue Constante $C = \frac{K}{M}$ einzusetzen[1]. In ihrer allgemeinsten Form lautet daher die Maassformel

$$E = C.\ log.\frac{R}{a} = C.\ (log.\ R - log.\ a).$$

Wir haben hier die Gleichung, welche das Wachsthum der Empfindung mit dem Reiz für unendlich kleine Werthe der ersteren darstellt, und diejenige, welche das Verhältniss beider Grössen zu einander unter Voraussetzung end-

[1] Es ist nämlich log. nat. $= \frac{\text{log. comm.}}{M}$. Bei den gewöhnlichen Briggischen Logarithmen mit der Grundzahl 10 ist $M = 0,434294481$.

licher Werthe ausdrückt, unabhängig von einander entwickelt. Man kann aber die letztere, die Maassformel, auch unmittelbar aus der ersteren, der Fundamentalformel, ableiten. Die Gleichung

$$dE = K\frac{dR}{R}$$

gibt nämlich, wenn sie integrirt wird,

$$E = K\ log.\ nat.\ R + A,$$

worin die Integrationsconstante A sich dadurch bestimmt, dass für den Schwellenwerth a des Reizes $E = 0$ wird, woraus folgt

$$0 = K\ log.\ nat.\ a + A,$$

$$A = -K\ log.\ nat.\ a,$$

also, wenn man diesen Werth in die erste Gleichung einsetzt,

$$E = K\ (log.\ nat.\ R - log.\ nat.\ a),$$

oder, wenn man gewöhnliche Logarithmen nimmt,

$$E = C.\ (log.\ R - log.\ a).$$

Die logarithmische Linie (Fig. 68) stellt die Beziehung zwischen Empfindung und Reiz so dar, dass durch die Curve das Wachsthum des Reizes versinnlicht wird, welches gleichen Zuwüchsen der Empfindung entspricht. Wählt man den umgekehrten Weg, indem man das gleichen Zuwüchsen des Reizes entsprechende Wachsthum der Empfindung durch eine Curve versinnlicht, so erhält man die in Fig. 69 dargestellte Linie, die bei einem Punkte a, welcher der Reizschwelle entspricht, sich über die Abscissenlinie erhebt und etwa bei einem Punkte m, welcher der Reizhöhe entspricht, ihr Maximum erreicht. Links von a senkt sich die Curve unter die Abscissenlinie, um sich der Ordinatenaxe $y\ y'$ asymptotisch zu nähern. Da beim Punkte a, wo die Ordinaten positive Werthe annehmen, die Empfindung eben bewusst wird, so haben offenbar die links von a gelegenen negativen Werthe die Bedeutung unbewusster Empfindungen.

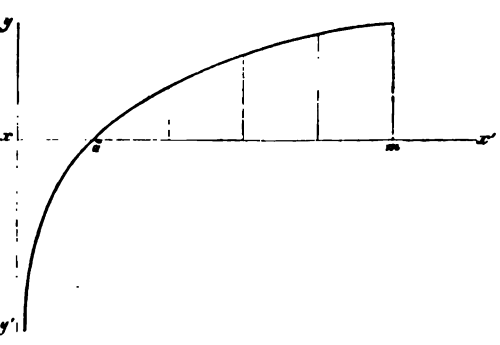


Fig. 69.

Dem Nullpunkt der Abscissen würde aber eine unendlich grosse negative Ordinate entsprechen. Das ganze Wachsthum der Empfindung mit dem Reize stellt daher nach dieser Curve so sich dar, dass beim Reizwerthe null die Empfindung unendlich tief unter der Schwelle des Bewusstseins liegt, worauf mit wachsender Grösse des Reizes die Empfindungen allmälig endliche, aber immer noch negative, d. h. unbewusste Werthe annehmen, um erst bei der Reizschwelle a null zu werden: sie treten jetzt über die Schwelle, gehen mit weiter wachsendem Reize in positive, d. h. bewusste Grössen über, bis endlich ein Grenzwerth m des Reizes erreicht wird, wo weitere endliche Zunahmen desselben keine merkliche Steigerung der Empfindung mehr bewirken. So führt diese graphische Versinnlichung von selbst darauf, dass die unter der Empfindungsschwelle gelegenen Empfindungen als negative Grössen dargestellt werden müssen, die um so mehr wachsen, je weiter sie sich von der Schwelle ent-

fernen, bis dem Reize null eine unendlich grosse negative Empfindung entspricht, d. h. eine solche, die unbewusster ist als jede andere. Dass auf der andern Seite nicht auch die Empfindung unendlich grosse positive Werthe erreicht, liegt nicht in dem Gesetz ihres Wachsthums sondern nur in den physiologischen Bedingungen der Reizempfänglichkeit begründet. Die Empfindung wächst nämlich zwar immer langsamer, aber wäre man im Stande den Reiz, beziehungsweise den Nervenprocess, der ja allein direct auf die Empfindung wirkt, in's unbegrenzte zu steigern, so würde auch die Empfindung in's unendliche wachsen. Immerhin liegt die Thatsache der Empfindungshöhe insofern schon in dem allgemeinen Gesetz angedeutet, als von einer gewissen Grenze m an einer endlichen Steigerung des Reizes nur noch eine unendlich kleine Zunahme der Empfindung correspondirt. Die drei Fundamentalwerthe des Reizes, welche so mit drei bestimmten Grenzwerthen der Empfindung verbunden sind, nämlich der Reiz null, bei welchem dieselbe negativ unendlich ist, der Reiz a, bei welchem sie null ist oder aus negativen in positive Werthe übergeht, und der Reiz m, bei welchem sie ihre Höhe erreicht, lassen auch in der Fig. 68 sich nachweisen. Hier müssen dann, da die Abscissen Empfindungen bedeuten, die links von der Ordinate a gelegenen Abscissen den negativen, unbewussten Empfindungen entsprechen. Von da an nähert sich die Curve der Reizgrössen asymptotisch der Abscissenlinie und erreicht dieselbe auf ihrer linken, negativen Seite erst in unendlicher Ferne. Rechts steigen die Ordinaten immer rascher an, bis bei einer Reizstärke m das Wachsthum so gross geworden ist, dass erst nach einer unendlichen Aenderung des Reizes ein endlicher, d. h. merklicher Werth der Empfindungsänderung eintritt. In dem logarithmischen System finden diese Beziehungen darin ihren Ausdruck, dass der Logarithmus von 0 negativ unendlich, und der Logarithmus der Einheit, als welche wir in Fig. 68 die Reizschwelle a angenommen haben, $= 0$ ist. Der obere Grenzwerth m aber findet sich, da Zahlen in's unbegrenzte wachsen können, nur in der immer kleiner werdenden Differenz der den gleichen Zahlunterschieden entsprechenden Logarithmen angedeutet.

Ausser den drei genannten Fundamentalwerthen des Reizes, von denen die zwei ersten in der allgemeinen Functionsbeziehung unmittelbar schon ausgedrückt sind, der dritte aber durch die physiologischen Verhältnisse mitbedingt ist, lässt sich noch ein vierter aufstellen, welcher ebenfalls in der Form des psychophysischen Gesetzes seinen Grund hat und, wenn er auch nicht von so augenfälliger Bedeutung ist wie die drei ersten, doch wahrscheinlich für gewisse Eigenthümlichkeiten der Empfindung von Wichtigkeit wird. Betrachten wir nämlich die in der Fundamentalformel gegebene allgemeinste Form unseres Gesetzes

$$d\,E = K. \frac{d\,R}{R},$$

so drückt dieselbe augenscheinlich nicht bloss aus, dass für den ganzen Empfindungsumfang jede unendlich kleine Aenderung der Empfindung proportional ist dem Verhältnisse $\frac{d\,R}{R}$, sondern auch dass, so lange sich die Reizgrösse R nicht merklich ändert, die unendlich kleine Empfindungsänderung $d\,E$ der unendlich kleinen Reizänderung $d\,R$ proportional bleibt. Mit andern Worten: so lange der Reiz merklich constant ist, kann die Functionsbeziehung zwischen Empfindungs- und Reizänderung als eine lineare betrachtet werden, was in der graphischen Versinnlichung sich darin zu erkennen gibt, dass jedes kleinste

Stück der Curven Fig. 68 oder Fig. 69 als Theil einer geraden Linie angesehen werden kann. Nun erkennt man aber sogleich bei Betrachtung dieser Curven, dass die Richtungsänderung im Verhältniss zur Steilheit des Ansteigens an verschiedenen Punkten eine sehr verschiedene relative Geschwindigkeit hat. In Fig. 68 ist links von *a* zwar die Richtungsänderung klein, aber auch die Steilheit des Ansteigens unendlich gering, die Curve verläuft fast parallel der Abscissenlinie; dagegen ist in der Nähe von *m* die Steilheit des Ansteigens bedeutend, gleichzeitig aber auch die Richtungsänderung gross. In Fig. 69 kehren diese Verhältnisse sich um: hier ist links von *a* grösste Steilheit mit schnellster Richtungsänderung und bei *m* langsamstes Ansteigen mit kleinster Richtungsänderung. Diejenige Stelle, welche die geringste relative Geschwindigkeit der Richtungsänderung zeigt, liegt offenbar in beiden Curven etwas nach rechts von *a*: hier kann das verhältnissmässig grösste Stück der Curve als eine gerade Linie betrachtet werden, welche, wenn man sie verlängert denkt, in nicht zu weiter Entfernung die Abscissenaxe schneidet. In diesem Theil der Curve kann also dR verhältnissmässig die grössten Werthe erreichen, ohne dass dE aufhört proportional zu wachsen. Die diesem ausgezeichneten Punkt entsprechende Reizgrösse wollen wir den Cardinalwerth des Reizes, die ihm entsprechende Empfindung den Cardinalwerth der Empfindung nennen. Da bei *a* augenscheinlich die Empfindung rascher, bei *m* aber langsamer wächst als der Reiz, so muss der den Cardinalwerthen entsprechende Punkt der Curve an der Grenze zwischen diesen beiden Verlaufsstücken liegen: denn die Grenze zwischen dem langsameren und dem schnelleren ist eben das proportionale Wachsthum. Man kann daher den Cardinalwerth des Reizes auffinden, indem man entweder mittelst der Formel $E = log.\ nat.\ R$ die Werthe aufsucht, welche dem E von der Schwelle 1 an bei wachsenden Werthen von R zukommen, und so die Grenze zwischen dem langsameren und dem rascheren Wachsthum von R empirisch ermittelt, oder indem man durch Rechnung denjenigen Punkt der logarithmischen Curve bestimmt, für welchen das Verhältniss $\frac{E}{R}$ ein Maximum ist[1]). Auf beiden Wegen findet man, dass der Cardinalwerth des Reizes $= e$, gleich der Grundzahl der natürlichen Logarithmen ist, wenn man den Schwellenwerth des Reizes $= 1$ setzt. Wenn also der Reiz das 2,7183..-fache seines Schwellenwerthes beträgt, so wächst die Empfindung der Reizstärke proportional. Schon hier können wir aus diesem Resultate die Folgerung ziehen, dass, wo es sich um die Verwerthung der Empfindungen für die Erkenntniss objectiver Eindrücke handelt, die günstigste Reizstärke diejenige sein wird, bei welcher der Reiz seinen Cardinalwerth erreicht. Denn die objectiven Eindrücke werden dann am genauesten aufgefasst, wenn die Empfindung den Veränderungen ihrer Stärke genau proportional folgt[2]).

[1]) Nach bekannten Regeln der Differentialrechnung ist diese Bedingung dann erfüllt, wenn das entsprechende Differentialverhältniss $\frac{dE}{dR}$ oder $d\frac{\log. R}{R} = 0$ ist.

[2]) Eine weitere Folgerung, welche aber von geringerer praktischer Wichtigkeit ist, lässt sich aus der Existenz des Cardinalwerthes in Bezug auf das Verhältniss der Intensität der Empfindung zur extensiven Einwirkung des Reizes ziehen. Angenommen, es sei ein Reiz von der Intensität J gegeben, und es sei anheimgestellt, denselben beliebig auf eine kleinere oder grössere empfindende Fläche zu vertheilen. Es wird dann, wenn sich der Reiz über die n-fache Oberfläche ausdehnt, die Intensität an jedem Punkte nur $\frac{1}{n}$ von derjenigen sein, welche der auf die Oberfläche 1 wirkende Reiz

Die Sinnesreize, die bis jetzt hauptsächlich in Bezug auf ihr Intensitätsverhältniss zur Empfindung geprüft wurden, sind: Licht, Druck von Gewichten, Hebung von Gewichten, Temperatureinwirkungen, nur beiläufig Schall. In allen diesen Fällen hat man das psychophysische Grundgesetz bewährt gefunden, allerdings aber mit gewissen Einschränkungen, die im Gebiet des Lichtsinnes am meisten sich bemerklich machen.

Dass unsere Lichtempfindung nicht einfach proportional der objectiven Lichtstärke sondern langsamer zunimmt, ist aus zahlreichen Erfahrungen ersichtlich. Der Schatten, welchen ein dunkler Gegenstand im Mondlichte entwirft, verschwindet, wenn man eine hellleuchtende Lampe in die Nähe bringt; ein Schatten im Lampenlicht verschwindet hinwiederum, wenn die Sonne zu leuchten beginnt. Aehnlich verschwindet das Licht der Sterne im Tageslicht. In allen diesen Fällen sind nun die objectiven Helligkeitsunterschiede gleich gross: das Sonnenlicht fügt zu dem Lampenschatten und seiner helleren Umgebung, zu dem Sternenlicht und dem dunkeln Himmelsgrund gleiche absolute Helligkeitsmengen hinzu. Helligkeitsdifferenzen von constant bleibender Grösse werden also nicht mehr empfunden, wenn die Lichtintensität zunimmt. Lässt man dagegen, statt bei gleich bleibender Helligkeitsdifferenz die absolute Lichtintensität zu steigern, zwei in Vergleich gezogene Helligkeiten immer im gleichen Verhältniss zu- oder abnehmen, so bemerkt man, dass die Unterschiede der Lichtempfindung entweder sich gleich bleiben, oder doch jedenfalls nicht im selben Verhältniss wie die objectiven Lichtintensitäten sich ändern. Betrachtet man z. B. Wolken von verschiedener Helligkeit zuerst mit freiem Auge und dann durch verdunkelnde graue Gläser, so sind in beiden Fällen feine Abstufungen der Helligkeit ungefähr mit gleicher Deutlichkeit sichtbar [1]). Aus dieser Beobachtung ergibt sich schon, dass das psychophysische Grundgesetz wenigstens als eine annähernde Regel für die Auffassung von Lichtintensitäten gelten müsse, da dieselbe lehrt, dass die Empfindungsdifferenz dieselbe bleibt, wenn die verglichenen Helligkeiten im gleichen Verhältniss zu- oder abnehmen. Das nämliche lehrt die Vergleichung der photometrisch ausgeführten Helligkeitsmessungen der Sterne mit dem subjectiven Lichteindruck, den die Sterne hervorbringen. Nach dem letzteren hat man dieselben, noch ehe man ihre objectiven Helligkeiten kannte, in Grössenclassen eingetheilt, da ein leuchtender Punkt um so grösser erscheint, je heller er gesehen wird. Dabei hat sich denn ergeben, dass die schein-

---

hat. Man kann nun fragen, wie gross bei gegebener Intensität J die Oberfläche, über die sich der Reiz ausdehnt, sein muss, wenn die Summe des Empfindens ein Maximum sein soll, und es ist klar, dass dieser Fall dann eintritt, wenn die Reizintensität an jedem Punkte das 2,718 . . . fache der Reizschwelle wird.

[1]) Fechner, Abhandl. der kgl. sächs. Ges. VI, S. 458.

baren Sterngrössen in arithmetischem Verhältnisse zunehmen, wenn ihre objectiven Helligkeiten in geometrischem wachsen, eine Beziehung, welche ebenfalls durch das psychophysische Gesetz ausgedrückt wird [1]. Directer haben BOUGUER und FECHNER die Empfindlichkeit für Helligkeitsdifferenzen zu bestimmen gesucht, indem sie eine weisse Tafel mit zwei Kerzenflammen von genau gleicher Lichtintensität erleuchteten und einen Stab davor aufstellten, der nun zwei Schatten auf die Tafel warf. Das eine Licht L' wurde dann bei wechselnder Distanz des anderen L so weit entfernt, bis der entsprechende Schatten nicht mehr sichtbar war. Ist s die Entfernung des näheren Lichtes L, s' diejenige des entfernteren L', so verhalten sich die Intensitäten J und J' umgekehrt wie die Quadrate der Entfernungen, also wie $s'^2 : s^2$. Ist z. B. L' 10mal so weit von der Tafel entfernt wie L, so ist $J' = \frac{1}{100} J$. Nun ist aber J genau der Lichtstärke in dem vom entfernteren Licht L' herrührenden Schatten gleich. Im Moment wo dieser Schatten verschwindet ist also der von L' herrührende Beleuchtungszuwachs J' unmerklich geworden. BOUGUER fand auf diese Weise, dass bei verschiedenen Lichtintensitäten der Schatten verschwand, wenn sein Helligkeitsunterschied $1/64$ war. VOLKMANN fand als Mittelwerth $1/100$ [2]. MASSON erkannte nach einer andern Methode, bei welcher er eine rasch rotirende weisse Scheibe mit einem kleinen schwarzen Sector anwandte, noch $1/120$ [3]. HELMHOLTZ konnte mittelst der MASSON'schen Methode noch deutlich einen Unterschied von $1/133$, etwas verwaschen $1/150$ und auf Augenblicke sogar $1/167$ erkennen. Zugleich aber fand er, dass dieses Verhältniss nicht ganz constant war sondern sowohl für starke wie für schwache Lichtintensitäten sich änderte, indem gegen beide Grenzen hin die Unterschiedsempfindlichkeit ab-, also der Helligkeitsunterschied, der eben noch erkannt werden konnte, zunahm [4]. Was nun die Abänderung gegen die obere Grenze betrifft, so erklärt sich dieselbe leicht aus dem früher hervorgehobenen Umstande, dass der Nervenprocess, der ja die nächste Unterlage der Empfindung ist, eine bestimmte Maximalgrenze erreicht und wahrscheinlich schon bei der Annäherung an dieselbe langsamer zunimmt. Die Abweichung gegen die untere Grenze kann möglicher Weise zum Theil dadurch bedingt sein, dass die Netzhaut sich immer über der Reizschwelle befindet. Sobald nämlich die zu unterscheidenden objectiven Helligkeiten so schwach werden, dass das Eigenlicht der Netzhaut nicht mehr dagegen verschwindet, so muss die Reizschwelle nothwendig grösser erscheinen,

1) FECHNER ebend. S. 492 und Elemente der Psychophysik I, S. 158.
2) FECHNER. Psychophysik I, S. 148.
3) MASSON, ann. de chim. et de phys. 3. sér. XIV, p. 129.
4) HELMHOLTZ, physiologische Optik, S. 315.

als sie ohne diesen Umstand gefunden würde[1]. Aber einerseits ist das Eigenlicht der Netzhaut zu unbedeutend, anderseits sind die Abweichungen bei schwachen Helligkeiten viel zu gross, als dass sie hieraus allein abgeleitet werden könnten; auch greifen sie zum Theil noch auf grössere Beleuchtungsintensitäten über. Dies haben besonders die von Aubert theils mittelst der Bouguer–Fechner theils mittelst der Masson'schen Methode ausgeführten Versuche gezeigt. Dieselben beweisen, dass die Unterschiedsempfindlichkeit von einer gewissen mittleren Lichtstärke an, welche derjenigen des diffusen Tageslichts ungefähr gleichkommt, sowohl bei der Abnahme wie bei der Zunahme der absoluten Helligkeit sinkt. Während bei gewöhnlicher Tagesbeleuchtung noch Unterschiede von $^1/_{186}$ erkannt wurden, stiegen dieselben von da an bei abnehmender Helligkeit ganz allmälig bis auf $^1/_3$, und ähnlich nahmen sie mit wachsender Helligkeit zu[2]. Es scheint uns aber nicht gerechtfertigt, hieraus mit Aubert zu schliessen, dass das psychophysische Grundgesetz im Gebiet der Lichtempfindungen überhaupt ungültig sei[3]. Denn nicht nur wäre eine solche Ausnahme, nachdem dasselbe Gesetz für die verschiedensten andern Sinnesempfindungen erwiesen worden ist, höchst auffallend, sondern es bleibt auch unbestreitbar, dass innerhalb einer gewissen mittleren Helligkeit die relative Unterschiedsempfindlichkeit annähernd constant ist. Man wird also zuerst nachzuforschen haben, ob jene Abweichungen bei schwacher Lichtstärke nicht aus andern Momenten erklärt werden können, die das psychophysische Gesetz nicht zu seinem reinen Ausdrucke kommen lassen, ähnlich wie ja auch die Abweichung bei stärkeren Helligkeiten hinreichend aus den oben angeführten Umständen sich erklärt. In der That scheint nun ein derartiger Einfluss der von Aubert selbst näher erforschten A d a p t a t i o n d e s A u g e s zuzukommen. Die Adaptation für Lichtstärken besteht darin, dass das Auge für jede Helligkeit erst bei längerer Einwirkung derselben seine grösste Empfindlichkeit erreicht. Wird das Auge plötzlich aus einem dunklen in einen heller erleuchteten Raum gebracht, so tritt derselbe Effect ein, der normaler Weise erst den stärksten Lichtintensitäten, welche die Netzhaut ertragen kann, zukommt, die Netzhaut wird geblendet, und es werden verhältnissmässig grosse Helligkeitsdifferenzen nicht

---

[1] Man hat nämlich dann offenbar in der Gleichung $dE = K\frac{dR}{R}$ zu R noch das Eigenlicht der Netzhaut R_0 hinzuzufügen, also $dE = K\frac{dR}{R+R_0}$ zu setzen, woraus folgt $dR = \frac{1}{K}(R+R_0)\,dE$.

[2] Aubert, Physiologie der Netzhaut. Breslau 1865. S. 58 f.

[3] Ebend. S. 63.

mehr unterschieden. Geht umgekehrt das Auge aus der Tageshelle in einen sehr schwach beleuchteten Raum über, so erscheint derselbe anfänglich gleichmässig dunkel, und erst allmälig werden die Gegenstände erkannt. Beide Anpassungen, die an stärkere und die an schwächere Helligkeiten, beruhen wahrscheinlich auf sehr verschiedenen Ursachen, die wir hier unerörtert lassen können. Beide müssen aber nothwendig bewirken, dass die Unterschiedsempfindlichkeit beim Wechsel der Beleuchtung herabgedrückt wird. So fand denn auch Aubert, dass bei einer sehr geringen Beleuchtung, bei welcher im Anfang die Unterschiedsempfindlichkeit = $^1/_4$ war, sie nach längerer Zeit auf $^1/_{25}$ sich erhob[1]. Ob noch andere Umstände bei den genannten Abweichungen mitwirken, müssen wir dahingestellt lassen. Sicher ist, dass alle angeführten Momente, das Eigenlicht der Netzhaut sowie die Adaptation des Auges, die Unterschiedsempfindlichkeit bei sehr geringen Lichtstärken herabsetzen müssen. Jene Momente bestehen aber in Veränderungen der rein physiologischen Bedingungen der Reizbarkeit, können also in das psychophysische Grundgesetz, sobald man unter demselben die rein psychologische Abhängigkeit von der Reizstärke versteht, keine Aufnahme finden, wenn sie auch unter Umständen jenes Gesetz verdecken mögen[2].

Die Unterschiedsempfindlichkeit für den Druck und beim Heben von Gewichten hat schon E. H. Weber gemessen, und seine hierher gehörigen Versuche haben die erste Unterlage des psychophysischen Gesetzes gebildet. Er fand, dass die Unterscheidung nach der blossen Druckempfindung erheblich unvollkommener ist, als wenn gleichzeitig, wie es beim Heben geschieht, das Muskelgefühl hinzugezogen wird. Doch weichen die einzelnen von Weber gefundenen Werthe sehr bedeutend von einander ab, zum Theil, wie es scheint, desshalb, weil in seinen Versuchen bald erst ein deutlich merkbarer Unterschied, bald schon ein solcher, bei dem noch einzelne Irrthümer vorkamen, als Maass der Unterschiedsempfindlichkeit benützt wurde[3]. Durch Fechner wurde dann mittelst zahlreicher Versuche über das Heben von Gewichten, die nach der Methode der richtigen und falschen Fälle angestellt sind, die Gültigkeit des Weber'schen Gesetzes

---

[1] Ebend. S. 67.

[2] Dies gilt daher auch von der empirischen Formel, welche Helmholtz physiol. Optik S. 316) dem psychophysischen Gesetz zu substituiren versucht hat, und welcher höchstens ein praktischer Werth zukommen könnte. Wegen der Veränderlichkeit der physiologischen Bedingungen der Erregbarkeit ist es übrigens fraglich, ob eine allgemein gültige empirische Formel sich überhaupt aufstellen lässt.

[3] Nach einer in den Programm. coll. mitgetheilten Tabelle Prol. XII, p. 6, auch abgedruckt bei Fechner, Psychophysik I, S. 139), welcher Versuche nach der Methode der eben merklichen Unterschiede zu Grunde liegen, wurde nämlich beim Druck von Gewichten im Mittel eine Differenz von 10,88, beim Heben eine solche von 2,93 bemerkt,

bestätigt [1]). In WEBER's und FECHNER's Hebungsversuchen sind übrigens die Bewegungsempfindungen nicht vollkommen isolirt sondern vermischt mit gleichzeitigen Druckempfindungen zur Beobachtung gekommen; unabhängig von diesen lassen sie sich nur in gewissen pathologischen Fällen untersuchen, in denen die Hautsensibilität aufgehoben ist, während die Muskelgefühle erhalten blieben: hier pflegt dann die Unterschiedsempfindlichkeit für das Heben von Gewichten nicht verändert zu sein [2]).

Auch über die Temperaturempfindungen der Haut liegen Versuche von WEBER und von FECHNER nach der Methode der eben merklichen Unterschiede vor. Dieselben lehren, dass die eben merklichen Unterschiede der Wärmeempfindung den Temperaturüberschüssen über eine gewisse, ungefähr der Eigenwärme der Haut entsprechende Mitteltemperatur innerhalb ziemlich weiter Grenzen proportional sind [3]). Dagegen zeigt die Unterschiedsempfindlichkeit für Kälte so bedeutende Abweichungen von dem WEBERschen Gesetze, dass dasselbe hier nicht einmal als eine erste Annäherung betrachtet werden kann. Diese Abweichungen haben aber ohne Zweifel in der bedeutenden Abstumpfung der Reizbarkeit durch die Einwirkung der Kälte ihren physiologischen Grund, wodurch die eben merklichen Temperaturdifferenzen viel rascher als proportional ihrer Entfernung von der Mitteltemperatur zunehmen. Es handelt sich demnach hier um dieselbe physiologische Abweichung von dem Gesetze, wie sie überhaupt nahe dem Höhenwerth der Empfindung stattfindet, nur dass dieselbe diesmal bei minder starken Reizen schon eintritt.

Ueber die Unterschiedsempfindlichkeit für Schallstärken liegen bis jetzt nur wenige approximative Versuche vor, welche aber zeigen, dass das Gehör verhältnissmässig nicht sehr scharf ist in der Unterscheidung von Intensitäten des Reizes. Nach Versuchen von RENZ und WOLF, mit denen Beobachtungen VOLKMANN's gut übereinstimmen, ist nämlich das Verhältniss der absoluten Schallstärken, welche noch unterschieden werden können,

---

wenn jedesmal von einem Gewicht von 32 Unzen oder Drachmen ausgegangen wurde, wobei jedoch die einzelnen Zahlen von diesen Mittelwerthen sehr bedeutend abweichen. In der Abhandlung über Tastsinn und Gemeingefühl ist dagegen angegeben, dass wir mittelst des Drucks noch eine Differenz von $1/_{30}$, durch Heben eine solche von $1/_{40}$ wahrnehmen können (S. 559). Aber diesen Angaben liegen offenbar Versuche zu Grunde, bei denen noch öfter ein Irrthum der Beurtheilung vorkommt, bei denen also das Verfahren der Methode der richtigen und falschen Fälle sich nähert (vgl. ebend. S. 547).

[1]) Elemente der Psychophysik I, S. 183 f.

[2]) LEYDEN, VIRCHOW's Archiv Bd. 47, S. 325. BERNHARDT, Archiv f. Psychiatrie III, S. 632.

[3]) Als solche Mitteltemperatur nahm FECHNER das Mittel zwischen Frostkälte und Blutwärme = 14,77° R. an (a. a. O. S. 203).

nahezu = 3 : 4 [1]). Die Constanz dieses Verhältnisses zeigt, dass auch hier das psychophysische Grundgesetz massgebend ist. So ist denn das letztere für eine hinreichende Zahl von Empfindungen erwiesen, um es als ein allgemeines Gesetz, welches das Verhältniss der Sinnesempfindung zur Intensität des Reizes beherrscht, betrachten zu können. Die allerdings bemerkenswerthen Ausnahmen von demselben lassen sich theils mit Sicherheit theils mit grosser Wahrscheinlichkeit auf physiologische Verhältnisse zurückführen, die seine strenge Gültigkeit beeinträchtigen. Indem so das Gesetz selber sich wesentlich nur auf die Beziehung zwischen dem Nervenprocess und der Empfindung erstreckt, wird zugleich die psychologische Bedeutung desselben wahrscheinlich gemacht. Auf diese wird jedoch erst am Ende des nächsten Capitels einzugehen sein, nachdem wir zuvor die gesetzmässigen Beziehungen, die zwischen der Reizform und der Qualität der Sinnesempfindungen bestehen, kennen gelernt haben.

Neuntes Capitel.

Qualität der Empfindung.

Verstehen wir unter Qualität der Empfindung jenen Bestandtheil derselben, welcher übrig bleibt, wenn wir die Intensität uns hinwegdenken, so können alle Empfindungen nach ihrem qualitativen Verhalten in zwei grosse Classen gebracht werden. Die einen wollen wir die qualitativ einförmigen nennen. Es sind dies solche Empfindungen, die nur eine bestimmte Qualität erkennen lassen, welche nun alle möglichen Intensitätsabstufungen zeigt. Hierher gehören in erster Linie die Organempfindungen oder Gemeingefühle. Sie zeigen allerdings in verschiedenen Organen qualitative Unterschiede, so dass hierdurch eine ziemlich grosse Mannigfaltigkeit derselben entsteht, in jedem einzelnen Organ aber scheinen sie nur intensiv veränderlich zu sein. Den Gemeingefühlen verwandt sind die Empfindungen der Haut, welche sich zwar in drei Qualitäten, Druck, Wärme und Kälte, sondern, wobei aber diese nicht in unmittelbarer Beziehung zu einander stehen und jede einzelne für sich nur Intensitäts-

---

[1] Fechner, Psychophysik I, S. 176. Renz und Wolf, in Vierordt's Archiv f. physiol. Heilkunde. 1856. S. 185.

unterschiede darbietet. Endlich gehören zu den qualitativ einförmigen Empfindungen die so genannten **Muskelgefühle**. Sie müssen in zwei ganz verschiedene Classen geschieden werden, nämlich erstens in die unmittelbare Empfindung der bei der Bewegung aufgewandten Muskelkraft, wir wollen sie speciell als das **Innervationsgefühl** bezeichnen, und zweitens in Empfindungen, die von dem Ernährungs- oder sonstigen Zustande der Muskeln herrühren, und die namentlich bei der Ermüdung, bei Verletzungen der Muskeln u. dergl. beobachtet werden; wir nennen sie die **Muskelgefühle im engeren Sinne**. Die Innervationsgefühle, die für die Bildung unserer objectiven Vorstellungen von eminenter Wichtigkeit sind, werden in den Muskeln nur localisirt, gehören aber ihrem Ursprung nach zu den Empfindungen aus centraler Reizung, wie aus der Erfahrung hervorgeht, dass sie von dem Zustande der Muskeln und ihrer Nerven ganz und gar unabhängig sind, dagegen zu der Stärke der auf eine Bewegung gerichteten Willensintention in directer Beziehung stehen [1]). Die eigentlichen Muskelgefühle schliessen sich vollständig den Organempfindungen an. Auch sie sind gewöhnlich von so geringer Intensität, dass sie der Aufmerksamkeit entgehen, können aber in andern Fällen bis zu den heftigsten Schmerzen sich steigern. Zum Gemeingefühl tragen beide Arten der Empfindung wesentlich bei. Ihre qualitativen Unterschiede sind, wie die Unterschiede aller Organempfindungen, höchst unbestimmt. Die Innervationsgefühle sind intensiv ausserordentlich fein abgestuft, aber qualitativ einförmig; die eigentlichen Muskelgefühle sind vielleicht je nach der Art ihrer Entstehung etwas verschieden, doch scheinen immerhin z. B. bei der Ermüdung und bei einem Schlag auf den Muskel Empfindungen verwandter Art zu entstehen, ja es ist sehr möglich, dass wir dieselben nur nach nebensächlichen Umständen, wie Ausbreitung des Eindrucks, Miterregung der Haut u. dergl., unterscheiden. Die intensive Abstufung der eigentlichen Muskelgefühle ist weit unvollkommener als die der Innervationsempfindungen, was damit zusammenhängt, dass sie, wie die meisten Organgefühle, erst bei grösserer Intensität unsere Aufmerksamkeit auf sich ziehen [2]).

---

[1]) Vergl. Cap. XII u. XIV.

[2]) Die Ansicht, dass die Innervationsgefühle in Wahrheit auf Tastempfindungen beruhen sollen, welche von mehreren Physiologen, namentlich von Schiff (Physiologie I, S. 156 f.), vertheidigt worden ist, kann nach den Cap. V S. 213 angeführten Beobachtungen gegenwärtig wohl für widerlegt gelten. Hingegen behalten Schiff's Einwände gegen die Lehre von einem specifischen Muskelsinn insofern Recht, als nicht alle Vorstellungen, die sich an die Muskelbewegung knüpfen, auf das Innervationsgefühl zurückgeführt werden können, indem namentlich die Vorstellungen von der Lage unserer Glieder im Raume und von den äusseren Widerständen der Bewegung wesentlich mit auf Tastgefühlen beruhen. Vergl. Cap. XII. Dass die Innervationsgefühle als Empfindungen der aufgewandten Kraft centralen Ursprungs sein müssen, habe ich schon früher

Den qualitativ einförmigen stehen die qualitativ mannigfaltigen Empfindungen gegenüber. Sie kommen darin überein, dass jede Art derselben aus verschiedenen Qualitäten besteht, die in einer ähnlich abgestuften Weise wie die Intensitätsgrade einer Empfindung in einander übergehen. Dies ist die Eigenschaft der vier Specialsinne, Gehör, Gesicht, Geruch und Geschmack. Jeder derselben enthält eine zusammenhängende Mannigfaltigkeit von Qualitäten, von denen jede einzelne verschiedene Intensitätsgrade durchlaufen und ausserdem in die ihr nächstverwandten Qualitäten stetig übergehen kann. Die Qualitäten eines jeden der vier Specialsinne lassen sich daher als eine stetige Mannigfaltigkeit oder als ein Continuum betrachten. Uebrigens muss bemerkt werden, dass das letztere nur bei den zwei ausgebildetsten Sinnen, dem Gehör und Gesicht, näher nachzuweisen ist, bei den zwei andern aber bloss im allgemeinen vorausgesetzt werden muss, indem die Geruchs- und Geschmacksqualitäten zwar Uebergänge darbieten, ohne dass es jedoch gelänge, dieselben in eine bestimmte Ordnung zu bringen. Hier ist also nur ausgemacht, dass die Qualitäten ein Continuum bilden, die nähere Beschaffenheit des letzteren ist aber noch unbekannt.

Die Existenz einer abgestuften Mannigfaltigkeit von Qualitäten trifft mit einer andern Eigenschaft der vier Specialsinne zusammen, durch welche sich die Empfindungen derselben hauptsächlich von der Summe aller übrigen Empfindungen absondern. Dies ist die Eigenschaft, dass ihre Qualitäten von einander und von den übrigen Arten des Empfindens am deutlichsten unterschieden sind. Die Organ- und Innervationsgefühle bieten, obgleich namentlich die letzteren in Bezug auf ihre Intensitätsgrade sehr genau getrennt werden können, wenig ausgeprägte qualitative Differenzen dar, und dasselbe gilt einigermassen auch noch von den Hautempfindungen, da manche Organgefühle eine unverkennbare Aehnlichkeit theils mit den Druck-, theils mit den Temperaturempfindungen der Haut zeigen.

Man darf wohl annehmen, dass alle diese Eigenschaften, die Mannigfaltigkeit der Qualitäten und die deutlichere Verschiedenheit derselben, unmittelbar mit den Structurverhältnissen der Sinnesorgane zu-

---

hervorgehoben (Vorlesungen über die Menschen- und Thierseele I, S. 222). Dieselbe Ansicht ist auch von A. Bain entwickelt worden, der ausserdem eine sehr sorgfältige Beschreibung der eigentlichen Muskelgefühle geliefert hat (The senses and the intellect. 2. edit. London 1864. p. 87). Um Verwechselungen mit den letzteren zu vermeiden und den Ursprung der an die motorische Innervation geknüpften Empfindungen deutlicher zu bezeichnen, ziehe ich hier den Ausdruck »Innervationsgefühle« dem ebenfalls oft gebrauchten »Bewegungsempfindungen« vor.

sammenhängen. In den Organen der vier Specialsinne wird nämlich die Wirkung der Sinnesreize auf die Nerven durch eigenthümliche Endgebilde vermittelt, deren Beschaffenheit der besondern Form des Reizes genau angepasst scheint. Diese Anpassung kommt überall so zu Stande, dass die Endfasern der Nerven in Zellen eintreten, welche im allgemeinen den Charakter der Epithelzellen an sich tragen, und deren Formen je nach der Beschaffenheit der äussern Eindrücke verschiedentlich modificirt sind. Am deutlichsten haben die Endzellen ihren epithelialen Charakter beim Geruchs- und Geschmacksorgan bewahrt, wo sie, an der Oberfläche der betreffenden Schleimhäute gelegen, mit eigentlichen, nicht mit Nerven zusammenhängenden Epithelzellen vermengt sind. In der Geruchsschleimhaut liegen die Riechzellen zwischen Epithelzellen von cylindrischer Form. (Fig. 70). Sie besitzen im allgemeinen einen ovalen Zellkörper, welcher hinten in einen feinen Nervenfaden und vorn in einen stäbchenförmigen Fortsatz übergeht, der an der Oberfläche der Schleimhaut entweder mit einem abgestumpften Ende aufhört (bei den Säugethieren) oder in ein Büschel langer Cilien sich auflöst (bei den Amphibien und Vögeln) [1]). Von diesem Verhalten unterscheiden sich die Endorgane des Geschmackssinns schon dadurch, dass sie auf scharf begrenzte Stellen der Zungenschleimhaut beschränkt sind. Die Geschmackszellen liegen nämlich bei den Säugethieren in flaschenförmigen Vertiefungen der Schleimhaut, welche von einer eigenthümlich gestalteten Fortsetzung des Epithels ausgekleidet werden. Die in diesen Vertiefungen, den Schmeckbechern oder Geschmacksknospen (Fig. 71), gelagerten Epithelzellen, die so genannten Deckzellen, sind von spindelförmiger Gestalt (Fig. 72 *b*); in

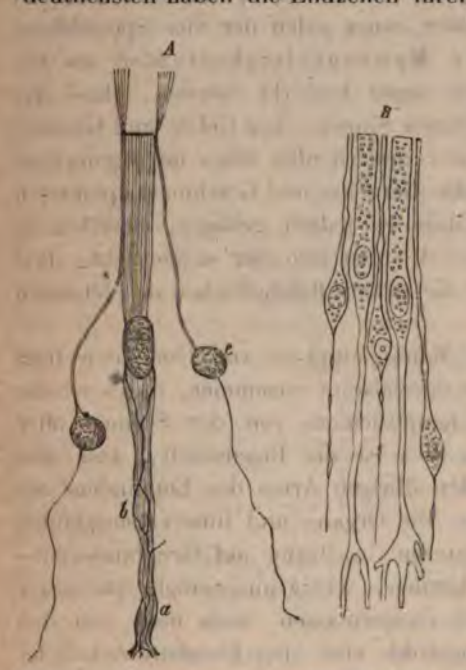


Fig. 70. *A* Epithelzelle und zwei Riechzellen vom Proteus, nach BABUCHIN. *a* Epithelzelle, mit grossem ovalem Kern, das hintere Ende (bei *b*) mit feinen faserigen Fortsätzen versehen. *c* Riechzelle. *B* Epithel- und Riechzellen vom Menschen, nach M. SCHULTZE.

---

[1]) SCHULTZE, Untersuchungen über den Bau der Nasenschleimhaut. Halle 1862. BABUCHIN in STRICKER's Gewebelehre S. 964 f.

dem von ihnen umschlossenen Hohlraum finden sich dann die eigentlichen Geschmackszellen (ebend. *a*). Diese sind ebenfalls spindelförmig, unterscheiden sich aber theils durch ihren grösseren Kern, theils durch stark verjüngte Fortsätze, in welche ihre beiden Enden übergehen. Der nach innen gerichtete Fortsatz wird wieder unmittelbar zu einem feinen Nervenfaden, der nach aussen gerichtete endet mit einem der Oberfläche zugekehrten

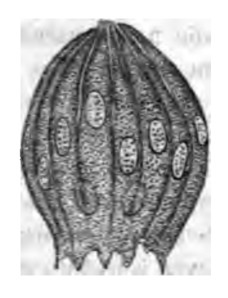


Fig. 71. Schmeckbecher aus dem seitlichen Geschmacksorgan des Kaninchens. Nach ENGELMANN.



Fig. 72. *a* Geschmackszellen, *b* eine Geschmackszelle und zwei Deckzellen isolirt; aus dem seitlichen Geschmacksorgan des Kaninchens. Nach ENGELMANN.

Stäbchen oder Härchen. Die Nervenfasern bilden, ehe sie zu stärkeren Nerven sich sammeln, ein Geflecht, in welches auch Ganglienzellen eingeschaltet sind[1]. Offenbar sind also die Riech- und Geschmackszellen Endorgane von sehr ähnlicher Beschaffenheit. Bei beiden sind es stäbchen- oder cilienförmige Fortsätze der Zelle, auf welche zunächst die Sinnesreize einwirken. Solche Fortsätze können nun im allgemeinen leicht durch äussere Einwirkungen in Bewegung gesetzt werden, insbesondere aber gehören die chemischen Reizmittel, für deren Auffassung vorzugsweise Geruchs- und Geschmackssinn bestimmt sind, zu den stärksten Erregern der Cilienbewegungen[2].

Im Gehörapparat begegnen uns in Bezug auf die unmittelbare Endigung der Nervenfasern die ähnlichen Verhältnisse. In den Ampullen der

[1] Etwas abweichend verhalten sich die Geschmacksorgane der Amphibien. Bei ihnen bilden dieselben scheibenförmige Epithelinseln, auf welchen zwischen cylindrischen Epithelzellen die eigentlichen Geschmackszellen liegen. Diese sind hier ebenfalls spindelformige, an einem Nervenfaden aufsitzende Zellen, welche aber nach vorn in einen gabelförmig gespaltenen Fortsatz übergehen. Bei den Vögeln und Reptilien sind die Geschmacksorgane noch nicht aufgefunden. Vgl. Th. W. ENGELMANN in STRICKER's Gewebelehre, S. 822 f. und SCHWALBE im Arch. f. mikr. Anat. III, S. 504, IV, S. 96 u. 154.

[2] ENGELMANN, die Flimmerbewegung. Leipzig 1868. S. 33, 143.

Bogengänge gehen dieselben in spindelförmige Zellen über, deren jede, von gewöhnlichen Cylinderepithelzellen umgeben, an ihrem freien Ende mit einem steifen haarförmigen Fortsatze versehen ist (Fig. 73). Derselbe hängt, wie es scheint, unmittelbar mit dem Kern der Spindelzelle zusammen, in welchen vom andern Ende her der Nervenfaden sich fortsetzt[1]). In der Schnecke hängen die Fasern des Hörnerven mit Zellen zusammen, deren jede ein Büschel borstenförmiger Fortsätze trägt; auch hier sind diese Zellen von gewöhnlichen cylindrischen Epithelzellen umgeben. Charakteristisch für die Acusticusendigung sind aber nicht sowohl diese Endgebilde selbst als vielmehr die ihnen beigegebenen Hülfsapparate, durch welche namentlich die Schnecke zu einem äusserst verwickelt geformten Organ wird. Schon in den Ampullen sind Einrichtungen getroffen, welche augenscheinlich darauf abzielen, den eigentlichen Endgebilden eine feste Stütze zu bieten. Die Nervenendzellen ruhen nämlich hier auf der Knorpelplatte der Ampullenwand auf, welche in Folge des Durchtritts der feinen Nervenfasern siebförmig durchlöchert ist. Der freie Endfaden der Zellen aber ragt in das Labyrinthwasser, dessen Bewegungen sich ihm unmittelbar mittheilen müssen.



Fig. 73. Schema der Nervenendigung in den Ampullen. Nach RÜDINGER. 1 Knorpel der Ampullenwand. 2 Structurloser Basalsaum desselben. 3 Nervenfaser. 4 Deren durch den Basalsaum tretender Axencylinder. 5 Netzförmige Verbindung der Nervenfasern. 6 Hörzellen. 7 Stützzellen. 8 Hörhaare.

In der Schnecke liegen die Endgebilde in einem Raume, der von zwei zwischen den knöchernen Wänden der Schnecke ausgespannten Membranen umschlossen ist (Fig. 74). Die bei der natürlichen Lage der Schnecke i n n e r e, oder, wenn man sich die Spitze nach oben gekehrt denkt, die u n t e r e dieser Membranen, die Grundmembran (*f—L Sp*), ist an einer knöchernen Leiste befestigt, welche den Windungen des Schneckenkanals folgend in denselben von der Spindel der Schnecke aus vorspringt, als sogenannte crista spiralis (*R—Cr*).

---

1) M. SCHULTZE, MÜLLER's Archiv 1858, S. 343. RÜDINGER, STRICKER's Gewebelehre, S. 898.

Der freie Rand der Leiste besitzt eine gezahnte Beschaffenheit und bildet auf diese Weise die **Gehörzähne** (Cr). Die Grundmembran und die **äussere** oder (bei nach oben gekehrter Spitze) **obere** jener Membranen, die Vorhofsmembran (auch REISSNER'sche Membran genannt, $R—R_1$), umschliessen zusammen den häutigen Schneckenkanal ($D. C.$), welcher den Windungen der knöchernen Schnecke folgt, und durch welchen diese letztere in zwei Abtheilungen, in einen äusseren bez. obern Gang, die Vorhofstreppe

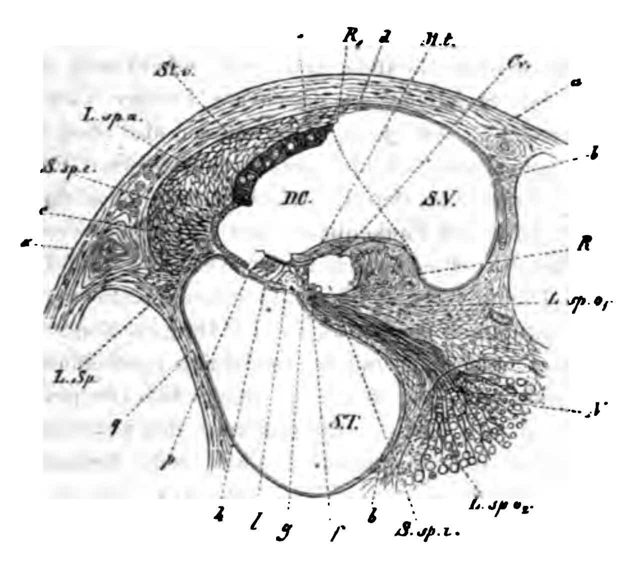


Fig. 74. Senkrechter Durchschnitt der zweiten Schneckenwindung von Vesperugo. Vergr. 100. Nach WALDEYER. $S. V.$ Vorhofstreppe (scala vestibuli). $S. T.$ Paukentreppe (scala tympani). $D. C.$ Häutiger Schneckenkanal (ductus cochleae). a Knöcherne Schneckenwand. b Periost. e Bindegewebspolster nach innen vom Periost. d Uebergangsstelle desselben in das Periost. $St. v.$ Innerster gefässreicher Theil des Bindegewebspolsters (stria vascularis). $L. sp.$ Bindegewebiger Vorsprung, der in das CORTI'sche Organ übergeht (ligamentum spirale). Nach oben davon ein ähnlicher kürzerer Vorsprung $L. sp. a.$ lig. spirale accessorium). R R_1 REISSNER'sche Membran, nur durch eine punktirte Linie angedeutet. N Schneckennerv, die Schneckenspindel durchsetzend, rechts mit Ganglienkugeln zusammenhängend. $R-Cr$ Crista spiralis. Cr Vorspringender Theil derselben (Gehörzähne). $L. sp. o_1$, $L. sp. o_2$ Lamina spiralis ossea: $L. sp\ o_1$ deren vestibulare, $L. sp. o_2$ deren tympanale Lamelle. $S. sp. i.$ Sulcus spiralis internus, zwischen der Crista und Lamina spiralis gelegen. $S. sp. e.$ Sulcus spiralis externus, zwischen den beiden ligamenta spiralia. $M\ t.$ Membrana tectoria. $L. sp.—f.$ Grundmembran. $p—f$ CORTI'sches Organ. l Dünnste Stelle der Grundmembran mit den CORTI'schen Bogen darüber. h Aeussere Haarzellen. g Region der inneren Haarzellen.

$S. V.$), und in einen inneren bez. unteren, die Paukentreppe ($S. T.$), geschieden wird. Beide sind vollständig getrennt bis zur Schneckenspitze, wo sie durch eine enge Oeffnung mit einander communiciren. Die Vorhofstreppe mündet direct in den Vorhof; dem in ihr enthaltenen Labyrinthwasser theilen sich daher unmittelbar die Druckschwankungen mit, welche

in der Flüssigkeit des Vorhofs entstehen, wenn die Membran des Vorhofsfensters, die mit dem Steigbügeltritt in Verbindung steht, durch die Gehörknöchelchen in Bewegung geräth. Die Paukentreppe dagegen ist an ihrem äussern Ende durch eine besondere Membran, das Nebentrommelfell, gegen die Paukenhöhle geschlossen. Wird nun von den Gehörknöchelchen aus das Labyrinthwasser des Vorhofs in Bewegung gesetzt, so theilt sich diese der häutigen Schnecke und durch die letztere dem Labyrinthwasser der Paukentreppe mit, wie man sich nach POLITZER mittelst eines in das runde Fenster eingesetzten Manometers überzeugen kann. Das Wasser in einem solchen Manometer wird in die Höhe getrieben, sobald man einen stärkeren Luftdruck, der den Steigbügel in das ovale Fenster eintreibt, auf das Trommelfell anwendet[1]. Auf diese Weise müssen also auch die im häutigen Schneckenkanal gelagerten Gebilde durch mechanische Erschütterungen, mögen dieselben ihnen von den Gehörknöchelchen oder durch das runde Fenster von der Luft der Paukenhöhle aus zugeleitet werden, leicht in Bewegung gerathen[2]. Die zwischen der Vorhofs- und Grundmembran eingeschlossenen Theile, welche die Endigungen des Hörnerven enthalten, und welche man zusammen das C o r t i'sche O r g a n nennt (*f*—*p* Fig. 74), sind nun auch hier mehr oder minder modificirte Epithelformen. Zunächst sind nämlich sowohl auf den innern an der Schneckenspindel befestigten (*f*) wie auf den äussern mit der Circumferenz des Schneckenkanals verwachsenen Theil der Grundmembran (*L. sp.*) einige Reihen gewöhnlicher Epithelzellen aufgelagert (*B* und *E* Fig. 75), dann folgen, ungefähr die Mitte der Grundmembran einnehmend, eigenthümliche bogenförmige Gebilde, die C o r t i'schen B o g e n oder P f e i l e r (*l* Fig. 74, *C* Fig. 75), zwischen denen und der Grundmembran eine Wölbung frei bleibt. Man unterscheidet eine Reihe innerer (gegen die Schneckenspindel gekehrter) und eine Reihe äusserer Bogen (*a* und *b* Fig. 76), die beide an ihren Köpfen sehr fest mit einander verbunden sind, indem die Zahl der inneren Pfeiler bedeutend grösser ist als die der äussern, so dass einer der letzteren immer zwischen den Köpfen mindestens zweier innerer Pfeiler eingekeilt ist. Auf diesen aus harter knochenähnlicher Substanz bestehenden CORTI'schen Bogen ruhen nun die mit den Acusticusfasern zusammenhängenden Haarzellen auf. Man unterscheidet eine i n n e r e e i n f a c h e R e i h e solcher Zellen, welche auf Verlängerungen der inneren Pfeiler, den so genannten Kopfplatten derselben, aufsitzt (*e* Fig. 75, *c* Fig. 76), und m e h r e r e ä u s s e r e R e i h e n

---

[1] POLITZER, Sitzungsberichte der Wiener Akademie 1861. S. 427.

[2] Die nähere Betrachtung der schallzuleitenden Apparate des Gehörorgans und ihrer physiologischen Bedeutung würde uns für den gegenwärtigen Zweck zu weit führen. Ich verweise den Leser in dieser Beziehung auf das Werk von HELMHOLTZ, Lehre von den Tonempfindungen 3te Aufl. S. 198 f. so wie auf den kurzen Abriss in meinem Lehrbuch der Physiologie, 3te Aufl S. 658, 661.

auf den äusseren Pfeilern. Die letzteren führen zu diesem Zweck ebenfalls Verlängerungen oder so genannte Kopfplatten, welche in mehrere Glieder, ähnlich den Phalangen der Finger, abgetheilt sind; jedes dieser Glieder entspricht einer Reihe Haarzellen (k—o Fig. 75, d—e_4 und f_1—f_5 Fig. 76). Die äusseren Haarzellen sind übrigens nur in der Schnecke der Säugethiere zu finden: man zählt deren vier bis fünf Reihen beim Menschen (Fig. 76), drei bei den übrigen Säugethieren (Fig. 75).

Alle hier genannten Epithelialgebilde, eigentliche Epithelzellen, Corti'sche Bogen und Haarzellen, sind von einigen Membranen überkleidet, welche wahrscheinlich als Ausscheidungsproducte der Epithelzellen zu betrachten sind. Zunächst werden nämlich die letzteren von einer netzförmig durchbrochenen Lamelle (lamina reticularis) bedeckt, deren siebförmige Oeffnungen namentlich die Köpfe der Haarzellen in sich aufnehmen, so dass nur die Cilien über sie vorragen (c u. q Fig. 75, e_1—e_4 Fig. 76). Darüber kommt dann eine zarte Membran, die sogenannte Deckmembran, welche alle andern Theile überkleidet. Die Hörnervenfasern treten zunächst in die Spindel der Schnecke ein, durchsetzen hier kleine Ganglien (N Fig. 74), um dann durch die in regelmässiger Anordnung neben einander gelegenen Löcher

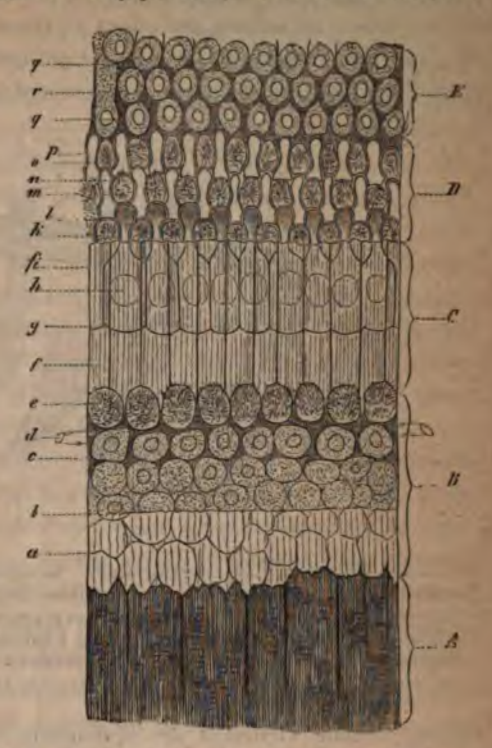


Fig. 75. Corti'sches Organ vom Hunde, vestibuläre Flächenansicht. Vergr. 700. Nach Waldeyer. *A* Crista spiralis. *B* Epithel des sulcus spiralis internus (*S. sp. i* Fig. 74). *a* Zellen, welche unter den Gehörzähnen durchschimmern. *b* Aeussere Grenzlinie der Gehörzähne. *c*, *d* Nach innen von der crista spiralis gelegene Epithelzellen mit cuticularem Maschengewebe zwischen denselben. *e* Innere Haarzellen. *C* Corti'sche Bogen. *f* Innere Pfeiler. *h* Köpfe der äusseren Pfeiler, letztere durch die Kopfplatten (f_i) der inneren Pfeiler durchschimmernd (*c* Fig. 76). *D* Aeussere Haarzellen mit Theilen der netzförmigen Membran zwischen ihnen. *k*, *m*, *o* Erste, zweite und dritte Reihe der äusseren Haarzellen *l* Kopfplatten der äusseren Corti'schen Bogen, auf welchen die erste Reihe der Haarzellen aufruht. *n*, *p* Phalangenförmige Verlängerungen dieser Kopfplatten, auf denen die zweite und dritte Reihe der Haarzellen aufgelagert sind. *E* Aeusseres Epithel der Grundmembran, in den sulcus spiralis externus hineinreichend (*S. sp. e.* Fig. 74). *r* Epithelzellen. *q* Cuticulares Maschengewebe zwischen denselben.

der crista spiralis zum Corti'schen Organ zu treten. Zwischen diesen Löchern der crista liegen die oben erwähnten Gehörzähnchen; in Fig. 74 ist eines derselben auf dem Durchschnitt (*Cr*), in Fig. 75 (*A*) sind sie auf der Fläche zu sehen. Unmittelbar nach ihrem Austritt aus der crista spiralis durchsetzen die Nervenfasern ein Lager kleiner rundlicher



Fig. 76. Fragment der netzförmigen Membran mit anhängenden Haarzellen und Corti'schen Bogen vom neugeborenen Kinde. Profilansicht. Vergr. 800. Nach Waldeyer. *a* Innerer, *b* äusserer Pfeiler eines Corti'schen Bogens. *c* Kopfplatte des inneren, *d* Kopfplatte des äusseren Pfeilers. $e_1 - e_4$ Phalangenförmige Verlängerungen der letzteren. *f* Haarbüschel einer inneren Haarzelle, letztere nicht erhalten. $g_1 - g_5$ Aeussere Haarzellen. $f_1 - f_5$ Haarbüschel derselben. *h* Aeusseres Epithel der Grundmembran.

Zellen, welche vielleicht die Bedeutung von Ganglienzellen besitzen, analog den Körnern der Retina, ihre letzten mit Sicherheit zu verfolgenden Ausläufer hängen dann mit der Reihe der inneren Haarzellen zusammen. Uebrigens ist eine ähnliche Verbindung mit den äusseren Haarzellen um so weniger zu bezweifeln, als an denselben deutliche Nervenfortsätze getroffen werden und einzelne Nervenfasern sich bis in ihre Nähe verfolgen lassen [1]).

Ueber die physiologische Bedeutung der das Corti'sche Organ zusammensetzenden Theile lassen sich erst jetzt, nachdem die Haarzellen als die wirklichen Endgebilde der Nervenfasern nachgewiesen sind, einigermaassen begründete Vermuthungen aufstellen. Solche müssen zunächst von der physiologischen Thatsache ausgehen, dass der Gehörssinn ein analysirender Sinn ist. Wir zerlegen unmittelbar in unserm Gehör eine Klangmasse, falls dieselbe nicht allzu zusammengesetzt ist, in ihre einzelnen Bestandtheile. Hieraus lässt sich schliessen, dass jeder dieser Bestandtheile

[1]) Vergl. W. Waldeyer, Hörnerv und Schnecke in Stricker's Gewebelehre, S. 915 und die ebend. S. 961 angeführte Literatur.

ein besonderes Endorgan in unserm Ohr in Erregung versetzt, so dass wir eine zusammengesetzte Erregung unmittelbar als eine gewisse Summe einfacher Erregungen empfinden. HELMHOLTZ hat diese hervorragende Eigenschaft unseres Gehörssinnes aus der Mechanik des Mittönens abgeleitet[1]. Wenn wir bei aufgehobenem Dämpfer gegen den Resonanzboden eines Klaviers singen, so gerathen diejenigen Saiten in Mitschwingung, deren Töne in dem gesungenen Klang als Bestandtheile enthalten sind. Dächten wir uns also jede Saite empfindend, so würde das Klavier eine ähnliche Klanganalyse ausführen, wie sie in unserm Ohr stattfindet. Demnach nimmt man an, die den einzelnen Fasern des Hörnerven anhängenden Endgebilde seien in der Weise verschieden abgestimmt, dass jeder einfache Ton immer nur bestimmte Nervenfasern in Erregung versetze. Man hat früher in den CORTI'schen Bogen solche abgestimmte Endapparate vermuthet[2]. Nachdem nachgewiesen ist, dass die CORTI'schen Bogen gar nicht direct mit Nervenfasern zusammenhängen, und dass dieselben überdies in der Schnecke der Vögel und Amphibien ganz fehlen[3], lässt sich diese Ansicht nicht mehr aufrecht erhalten. Von den Haarzellen, den wirklichen Endgebilden der Nervenfasern, lässt sich aber wegen ihrer ausserordentlich geringen Masse nicht annehmen, dass sie nur durch bestimmte Töne erregbar seien. Vielmehr werden die Cilien, sobald das Labyrinthwasser durch Schallschwingungen in Bewegung geräth, dieser Bewegung folgen: es werden daher, wenn ein einfacher Ton in das Ohr dringt, alle Cilien in der entsprechenden Periode mitschwingen, eine zusammengesetzte Klangmasse dagegen wird dieselben in eine zusammengesetzte Schwingungsbewegung versetzen. Die Gehörsreizung, so weit sie durch die Haarzellen allein vermittelt wird, muss also bei verschiedenen Klängen qualitativ verschiedene Empfindungen bewirken, aber zu einer Analyse derselben in ihre einfachen Bestandtheile liegt keinerlei Grund vor. Diese kann demnach nicht durch die Nervenendigungen selbst sondern nur durch die in der Umgebung derselben auftretenden Theile zu Stande kommen. Die letzteren zeigen aber allein in der Schnecke eine solche Beschaffenheit, dass eine Anpassung an verschiedene Tonhöhen möglich ist, und zwar liegt es am nächsten hier an die Grundmembran zu denken, die, worauf HENSEN[4] zuerst aufmerksam machte, an ihren verschiedenen Stellen eine hinreichend verschiedene Breite besitzt, um eine Abstufung ihrer Abstimmung für alle dem menschlichen Ohr zu-

[1] HELMHOLTZ, Lehre von den Tonempfindungen. 3te Aufl. S. 219 f.

[2] HELMHOLTZ in den zwei ersten Ausgaben seiner Lehre von den Tonempfindungen. In der dritten (S. 229) hat er sich der HENSEN'schen Hypothese angeschlossen, dass die Grundmembran je nach der verschiedenen Breite ihrer Abschnitte auf verschiedene Töne abgestimmt sei. Siehe unten.

[3] HASSE, Ztschr. f. wissensch. Zoologie XVII, S. 56, 461. XVIII, S. 72, 359.

[4] Zeitschr. f. wiss. Zoologie XIII S. 481.

gänglichen Tonhöhen annehmen zu lassen. Indem nämlich die Breite des Schneckenkanals sich von der Basis gegen die Spitze der Schnecke hin immer mehr verkleinert, nimmt gleichzeitig die Grundmembran in ihrem Querdurchmesser ab. Die einzelnen Theile derselben müssen sich also, da die Spannung der Membran in ihrer Länge verschwindend klein gegen die quere Spannung zu sein scheint, wie Saiten von verschiedener Länge verhalten, indem die breiteren Theile auf tiefere, die schmäleren auf höhere Töne abgestimmt sind. Zweifelhafter ist die Rolle der Corti'schen Bogen. Vielleicht sind sie, ähnlich den Otolithen in den Vorhofssäckchen, zur Dämpfung der Schwingungen bestimmt, wozu sie bei ihrer bedeutenden Festigkeit wohl geeignet scheinen[1]). Hierfür spricht wohl der Umstand, dass in der Schnecke der Vögel, wo die Bogen fehlen, Otolithen gefunden werden. Auch ist zweifellos, dass im Ohr sehr wirksame Dämpfungsvorrichtungen existiren, da die Klangempfindung den objectiven Klang eine kaum merkliche Zeit überdauert. Die Schwingungen der Grundmembran müssen aber auf die Hörnervenfasern an der Stelle, wo dieselben aus den einzelnen Löchern der crista spiralis zu ihr hintreten, unmittelbar einwirken. Den Mechanismus der Acusticusreizung in der Schnecke haben wir uns demnach wahrscheinlich folgendermassen zu denken. Zunächst werden durch die dem Labyrinthwasser mitgetheilten Schallbewegungen die Cilien der Haarzellen in Schwingungen versetzt, die im allgemeinen zusammengesetzter Natur sind, indem jede Cilie bei der Leichtigkeit, mit der sie den Bewegungen zu folgen vermag, die Form der Schwingungscurve treu wiederholt, ähnlich wie dies auch von den Hörhaaren in den Ampullen vorauszusetzen ist. Durch jeden Schall, mag er einfach oder zusammengesetzt sein, aus tieferen oder höheren Theiltönen bestehen, werden also auch alle schwingungsfähigen Cilien in Bewegung gesetzt werden, nur die Form dieser Bewegung wird je nach der Beschaffenheit des Schalls eine verschiedene sein, indem sich dieselbe den Bewegungen des Labyrinthwassers jeweils genau accommodirt. So lange das Gehörorgan diese Stufe der Entwicklung nicht überschreitet, was bei allen denjenigen Thieren der Fall ist, bei denen keine Schnecke existirt, werden sich wohl die Gehörsempfindungen auf einer ähnlichen Stufe befinden, auf welcher wir bei uns selbst die Geruchs- und Geschmacksempfindungen antreffen. Mit der Form der Schallbewegung wird die Qualität der Empfindung sich ändern, aber jene Analyse, wie sie das menschliche Ohr ausführt, und die hierauf begründete eigenthümliche Ordnung der Schallempfindungen wird mangeln.

---

[1]) Waldeyer a. a. O, S. 952. Eine andere Vermuthung hat Helmholtz aufgestellt. Er glaubt, dass die Corti'schen Bogen, als relativ feste Gebilde, bestimmt seien, die Schwingungen der Grundmembran auf eng abgegrenzte Bezirke des Nervenwulstes zu übertragen. (Tonempfindungen, 3te Aufl., S. 229.)

Beim Menschen und bei denjenigen Thieren, die gleich ihm eine ausgebildete Schnecke besitzen, wird dagegen der auf einen gewissen Ton abgestimmte Theil der Grundmembran von seinen Hörhaaren aus nur dann in merkliche Mitschwingungen versetzt werden, wenn der Eigenton des Membranabschnitts ein Bestandtheil des gehörten Klanges ist. Durch die stark schwingenden Theile der Grundmembran können dann unmittelbar die ihnen anliegenden Acusticusfasern so gereizt werden, dass sie in der Zeiteinheit eine der Schwingungszahl des betreffenden Tones entsprechende Zahl von Stössen empfangen. Es ist möglich, dass die Netzmembran, durch deren Löcher die Cilien der Haarzellen hervorragen, zu dieser Miterregung der Grundmembran in Beziehung steht. Der Effect eines jeden Schalleindrucks ist demnach wahrscheinlich ein zusammengesetzter. Zunächst wird die Gesammtmasse der Nervenendgebilde in eine Bewegung versetzt, welche der ungetrennten Form des äussern Eindrucks entspricht, sodann aber theilen ausserdem einzelnen Nervenfasern des Acusticus Bewegungen von einfacherer Form sich mit, indem die abgestimmten Theile der Grundmembran aus jener zusammengesetzten Gesammtbewegung der Nervenendgebilde einzelne einfache Bestandtheile gewissermassen aussondern und dieselben auf die Nervenfasern direct übertragen. Es gibt entschieden Gehörorgane, bei denen nur die erste Form zusammengesetzter Reizung möglich ist: es gibt aber keine, bei denen die zweite, die zerlegende Wirkung, ohne die erste zu finden wäre, vielmehr ist sie immer nur eine in verschiedenen Fällen offenbar in sehr verschiedenem Maasse entwickelte Begleiterscheinung jener allgemeinsten Form der Schallreizung. Diese vervollkommnete Form der Gehörorgane hat sich daher wohl aus der ersten unvollkommenen Form allmälig entwickelt. Aus diesem Grunde ist es aber auch streng genommen unrichtig, wenn wir dem Ohr des Menschen und der ihm verwandten Thiere ohne weiteres die Eigenschaft zuschreiben, zusammengesetzte Klangmassen unmittelbar in ihren einzelnen Bestandtheilen zu empfinden. Jener Vergleich des Ohres mit einem Klavier, dessen einzelne Saiten mit Nervenfasern versehen wären, ist nicht ganz zutreffend, weil im Gehörorgane erst secundär gewisse abgestimmte Theile einfache Formen der Erregung bewirken, während zunächst der zusammengesetzte Reiz auch die einzelnen Endgebilde in eine complexe Form der Erregung versetzt. Jedes Gehörorgan empfindet jede, auch die zusammengesetzte Form der Reizung als eine zunächst untheilbare Qualität. Aber durch die accessorischen Gebilde, welche in der Schnecke zu den eigentlichen Endorganen der Nerven hinzutreten, werden die höher entwickelten Gehörorgane befähigt bis zu einem gewissen Grad eine Analyse der Schallqualitäten auszuführen.

Die bisher betrachteten Sinnesorgane bieten bei aller Structurverschiedenheit insofern eine gewisse Analogie dar, als die nächsten Endgebilde der Nerven mehr oder minder veränderte Epithelialzellen mit stäbchen- oder haarförmigen Anhängen sind, welche als Angriffspunkte äusserer Bewegungen besonders geeignet erscheinen. Wesentlich anders verhält sich die Nervenendigung im **Auge**. Zwar als metamorphosirte Epithelialzellen sind auch hier die Endorgane der Nervenfasern, die Stäbchen und Zapfen der Netzhaut, ohne Zweifel anzusehen, aber sowohl die Formbeschaffenheit dieser Zellen wie die Art ihres Zusammenhangs mit den Opticusfasern verhält sich durchaus eigenthümlich. Die letzteren, die schon im Opticusstamm der SCHWANN-schen Primitivscheide entbehren, breiten sich von der Eintrittsstelle des Sehnerven an strahlenförmig über die ganze Innenfläche der Netzhaut aus. Aller Orten beugen dann Opticusfasern nach aussen sich um und treten in grosse Ganglienzellen ein, welche von innen nach aussen gezählt die zweite Hauptschicht der Netzhaut ausmachen (3 Fig. 77). Jede dieser Ganglienzellen entsendet nach aussen mehrere sich theilende Fortsätze, die in eine dritte ziemlich breite Schichte, welche grossentheils aus feinen Körnern besteht, hineinragen (4). Auf sie folgt eine Schichte kleiner Zellen (5), dann nochmals ein schmaler Saum aus feinkörniger Masse (6). In diesem pflegt der von der Ganglienzellenschichte bis hierher meist verloren gegangene Faserzusammenhang wieder sichtbar zu werden: es



Fig. 77. Uebersicht der Schichten in der Netzhaut des Menschen. Vergr. 400. Nach M. SCHULTZE. 1 Structurlose innere Grenzmembran. (Membrana limitans interna.) 2 Opticusfaserschichte. 3 Ganglienzellenschichte. 4 Innere granulirte Schichte. 5 Innere Körnerschichte. 6 Aeussere granulirte Schichte (auch Zwischenkörnerschichte gen.). 7 Aeussere Körnerschichte mit den durchtretenden Stäbchen- und Zapfenfasern. 8 Aeussere bindegewebige Grenzmembran, welche von den Stäbchen und Zapfen siebförmig durchbrochen ist. (Membrana limitans externa.) 9 Stäbchen- und Zapfenschichte. 10 Pigmentschichte, welche die Netzhaut aussen umschliesst.

werden nämlich nun in verschiedener Höhe feine oder breitere Fasern durch Zellen oder Körner unterbrochen (7), um auf der andern Seite in die den äusseren Umfang der Retina einnehmenden Terminalgebilde, die Stäbchen und Zapfen, überzugehen (9). Die mit den Zapfen zusammenhängenden Körner sitzen diesen Endgebilden unmittelbar auf, sie bilden darum den äussern Saum der ganzen Körnerschichte (8); die Körner der Stäbchen dagegen sind von den letzteren durch einen feinen Zwischenfaden von wechselnder Länge getrennt, daher die Stäbchenkörner den grösseren inneren Theil der Schichte einnehmen (7). Der nach innen gegen die Opticusschichte gerichtete Fortsatz der Zapfenkörner ist breit, er besteht augenscheinlich aus einer grösseren Zahl von Fasern, der Fortsatz der Stäbchenkörner ist sehr schmal, er besteht vielleicht nur aus einer einzigen Primitivfibrille. Den ganzen Zusammenhang des Sehnerven mit seinen Endgebilden haben wir demnach folgendermassen uns vorzustellen (Fig. 78): die Opticusfasern (2) treten zunächst in Ganglienzellen ein (3), aus diesen treten nach aussen neue Fasern hervor, die erstens durch die Zellen der inneren Körnerschichte (5), dann durch die Zellen der äusseren Körnerschichte (7) unterbrochen werden, worauf sie in den Stäbchen und Zapfen endigen (9), und zwar so, dass jedem Zapfen eine Mehrzahl von Primitivfibrillen, jedem Stäbchen aber vielleicht nur eine einzige entspricht. Uebrigens ist es zweifelhaft, ob alle Zellen der beiden Körnerschichten in den Verlauf von Opticusfasern eingeschaltet und demnach zu den Nervenzellen zu rechnen sind; manche mögen dem bindegewebigen Gerüste zugehören, welches als Kittmittel der nervösen Bestandtheile die ganze Netzhaut



Fig. 78. Schematische Darstellung des Zusammenhangs der Nervenelemente in der Netzhaut. Nach M. SCHULTZE. Die Zahlen haben dieselbe Bedeutung wie in Fig. 77. Die Stelle der äussern Grenzmembran ist durch eine punktirte Linie angedeutet.

durchzieht und in den beiden Grenzmembranen, der innern und äussern (1, 8 Fig. 77), sich flächenhaft ausbreitet[1]).

Physiologische Thatsachen zeigen, dass nur die Stäbchen und Zapfen, nicht aber die Opticusfasern oder Ganglienzellen der Retina durch Licht reizbar sind. Die Eintrittsstelle des Sehnerven, wo die Stäbchen und Zapfen fehlen, ist nämlich unerregbar für Lichtreize. Sie bildet den blinden oder Mariotte'schen Fleck[2]). Ferner können wir bei geeigneter, namentlich schräger Beleuchtung des Auges den Schatten unserer eigenen Netzhautgefässe als nach aussen versetzte Gefässfigur wahrnehmen. Dies beweist, dass die durch Licht reizbaren Theile in den tieferen Schichten der Retina liegen[3]). Stäbchen und Zapfen sind analog geformte Gebilde. Jedes derselben besteht aus einem Innen- und einem Aussengliede, die sich leicht durch eine Querlinie von einander trennen. Innen- und Aussenglied der Stäbchen sind beide cylindrisch geformt. Das breite Innenglied der Zapfen hat eine spindelförmige, das weit kürzere und schmälere Aussenglied eine kegelförmige Gestalt. Beide Endgebilde zeigen zuweilen schon im frischen, immer aber im macerirten Zustande Andeutungen einer feineren Structur. Zunächst nämlich bemerkt man sowohl an den Innen- wie an den Aussengliedern häufig eine feine Längsstreifung, welche auf eine fibrilläre Beschaffenheit hinzuweisen scheint (Fig. 79 *a*). Ausserdem ist an den Aussengliedern eine Querstreifung zu erkennen, nach welcher jedes derselben aus einer Reihe sehr dünner Plättchen zusammengesetzt scheint (*b*—*f* ebend.). Diese Plättchen sind an den Zapfen etwas dicker als an den Stäbchen. Die Plattensätze der Aussenglieder sind nun die Theile,



Fig. 79. Aussenglieder von Stäbchen und Zapfen. Nach M. SCHULTZE. *a*—*d* Stäbchen vom Frosch: *a* frisch in Verbindung mit dem Innengliede (s_1 der linsenförmige Körper im letzteren), *b* in Serum gequollen, *c* in verd. Kalilauge gequollen, Vergr. 500; *d* Plättchenzerfall in Serum, Vergr. 1000. *e* Stäbchenaussenglied vom Menschen, frisch mit Ueberosmiumsäure behandelt, Vergr. 1000. *f* Doppelzapfen eines Fisches (Perca), frisch in Serum, Vergr. 500.

---

1) Vgl. M. SCHULTZE in seinem Archiv f. mikr. Anatomie II, S. 165, 175. III, S. 215, 404. V, S. 1, 379. VII, S. 244, und in STRICKER's Gewebelehre S. 977 f.

2) Ueber die Erscheinungen desselben vgl. mein Lehrb. der Physiologie, 3te Aufl., S. 600.

3) H. MÜLLER, über die entoptische Wahrnehmung der Netzhautgefässe, Verhandlungen der Würzburger phys.-med. Ges. V. 1854. S. 411. Wieder abgedruckt in H. MÜLLER's Schriften zur Anatomie und Physiologie des Auges. Leipzig, 1872, S. 27 f.

welche zuletzt die Lichtstrahlen auffangen, nachdem dieselben durch die brechenden Medien des Auges und die durchsichtigen Schichten der Netzhaut selber gedrungen sind, denn nach aussen werden die Stäbchen und Zapfen von einer schwarzen Pigmentschichte überzogen, die alles Licht, das etwa durch diese Elemente gegangen ist, absorbiren muss (10 Fig. 77). Nun lässt aber die Querstreifung der Aussenglieder eine doppelte Deutung zu. Entweder kann man annehmen, dieselbe rühre von über einander geschichteten Plättchen aus stärker brechender Substanz her, welche durch ein schwächer brechendes Medium mit einander verbunden sind, oder man kann sie darauf beziehen, dass das Brechungsvermögen von innen nach aussen schichtenweise zunimmt. In beiden Fällen wird natürlich das einfallende Licht an den einzelnen Grenzflächen zurückgeworfen, so dass das ganze Aussenglied als ein katoptrischer Apparat angesehen werden muss, welcher das einfallende Licht wieder auf die in den Innengliedern enthaltenen Endfibrillen des Sehnerven zurückwirft. Betrachtet man die Innenglieder als die lichtempfindenden Elemente, was, da sich die Endfibrillen des Sehnerven direct in dieselben fortsetzen, viele Wahrscheinlichkeit für sich hat, so wird bei der geringen Entfernung zwischen Aussen- und Innengliedern das reflectirte Licht immer innerhalb desjenigen Elementes, durch das es eingetreten ist, verbleiben. Jedes Element wird also gewissermassen doppelt gereizt werden: einmal durch das direct einfallende und sodann durch das von den Aussengliedern her reflectirte Licht. Das Aussenglied, welches morphologisch eine Art Cuticularbildung zu dem der eigentlichen Epithelzelle äquivalenten Innengliede darzustellen scheint, wäre demnach physiologisch als eine Vorrichtung zu betrachten, welche bestimmt ist, alles überhaupt eingetretene Licht für die im Innenglied stattfindende Lichtreizung zu sammeln. Wir vermögen nicht anzugeben, durch welche Bedingungen die im Opticusstamm und in der vordersten Netzhautschichte noch unempfindlichen Sehnervenfasern in den Innengliedern ihre Lichtreizbarkeit gewinnen. Man kann nur vermuthen, dass einestheils und vorzugsweise die Interpolation grösserer und kleinerer Nervenzellen in der Ganglienschichte und in den beiden Körnerschichten, anderntheils aber auch die vermittelst der reflectirenden Aussenglieder bewirkte Verstärkung des Reizes hier von wesentlicher Bedeutung sei.

Unsere Lichtempfindung ist stets eine qualitativ ungeschiedene. Wir sind zwar im Stande zu entscheiden, ob verschiedene Lichteindrücke sich qualitativ mehr oder weniger *ähnlich* sind, nicht aber ob die Eindrücke qualitativ *einfach* oder *zusammengesetzt* seien. Einer Analyse des Reizes, wie sie das Gehörorgan ausführt, ist das Auge nicht fähig. Wir müssen es daher als ein irrthümliches Bestreben betrachten, wenn eine beim Gehörssinn berechtigte Auffassung auf den Gesichtssinn übertragen wird,

indem man im Auge verschiedene Vorrichtungen für verschiedene einfache Empfindungsqualitäten voraussetzt. Auf eine derartige Annahme ist aber die Hypothese THOMAS YOUNG's gegründet, nach welcher in der Netzhaut gewisse qualitativ verschiedene Empfindungen, nämlich diejenigen der drei so genannten Grundfarben, an verschiedene Nervenfasern gebunden sein sollen [1]). Das menschliche Auge führt eine Analyse der Lichtempfindungen thatsächlich nicht aus. Die Hypothese, dass eine solche Zerlegung durch Endgebilde, welche nur für bestimmte qualitative Lichtreizungen zugänglich seien, dennoch stattfinde, steht daher im Widerspruch mit den Thatsachen. Die physiologischen Erscheinungen führen zunächst nur zu der Voraussetzung, dass in jedem der mosaikähnlich angeordneten Endgebilde der innere Reizungsvorgang im allgemeinen mit der Form der äussern Reizung wechselt. Allerdings ist aber aus Erscheinungen, die wir unten kennen lernen werden, zu schliessen, dass nicht jede Aenderung des äussern Reizes eine entsprechende Veränderung der innern Reizungsvorgänge herbeiführt, indem objectiv verschiedenartige Lichteindrücke qualitativ gleiche Empfindungen und demnach auch, wie wir vermuthen dürfen, übereinstimmende Formen der inneren Reizung oder des Nervenprocesses verursachen können. Aus dieser Thatsache lässt sich aber nichts weiteres schliessen, als dass das Licht innerhalb der Opticusfasern in eine Form der Bewegung sich umsetzt, welche nur innerhalb gewisser näher zu bestimmender Grenzen mit der Geschwindigkeit der Lichtschwingungen wechselt.

Schon HANNOVER und BRÜCKE haben die Vermuthung ausgesprochen, die Stäbchen und Zapfen der Retina seien katoptrische Gebilde, dazu bestimmt, das auf sie treffende Licht wieder auf die lichtempfindenden Elemente zurückzu-

---

[1]) THOMAS YOUNG, lectures on natural philosophy. London 1807. HELMHOLTZ, physiologische Optik S. 291. Historisch ist allerdings die Hypothese von der verschiedenartigen Function verschiedener Nervenfasern nicht vom Gehör auf das Gesicht sondern umgekehrt vom Gesicht auf das Gehör übertragen worden, indem HELMHOLTZ, der in Bezug auf die Tonempfindungen zuerst diese Ansicht entwickelte, dieselbe ausdrücklich an die YOUNG'sche Hypothese über die Gesichtsempfindungen anknüpfte (Tonempfindungen, 3te Aufl., S. 232). Ferner ist es in historischer Hinsicht beachtenswerth, dass YOUNG seine Hypothese ursprünglich nicht, wie gewöhnlich angenommen wird, unmittelbar auf die Existenz der drei so genannten Grundfarben stützte, sondern dass er dabei von der Vorstellung ausgieng, das Licht bringe in der Netzhaut eine vibrirende Bewegung hervor, deren Geschwindigkeit von der Beschaffenheit der vibrirenden Theilchen abhänge. Man könne sich nun, meint YOUNG, kaum als möglich denken, dass jeder empfindende Punkt der Netzhaut eine unendliche Menge von Theilchen enthalte, deren jedem eine andere Vibrationsgeschwindigkeit entspreche: es sei also nothwendig eine kleine Zahl, z. B. solche, die den drei Grundfarben correspondiren, vorauszusetzen, und anzunehmen, dass jedes durch Lichtwellen aller Grössen, aber je nach der Annäherung an seine eigene Vibrationsgeschwindigkeit in verschiedenem Grade, in Bewegung gesetzt werde. Phil. transact. for 1802. GILBERT's Annalen der Physik. 1811 Bd. 39. S. 166.) Selbstverständlich fällt dieses ursprüngliche Motiv der YOUNG'schen Hypothese heute für uns ganz hinweg, da die Annahme, die Netzhauterregung bestehe in einem den Lichtwellen entsprechenden Schwingungsvorgang, aus Gründen, die weiter unten entwickelt sind, vollständig verlassen ist.

werfen[1]). Aber zu jener Zeit galt noch die Sehnervenschichte für lichtempfindend. In dieser Form war daher die Hypothese dem Einwande ausgesetzt, es müsse das reflectirte Licht verschiedenartige Nervenelemente treffen und so eine Confusion der Empfindungen verursachen. Zudem wurde sie durch den Nachweis der Unempfindlichkeit der Sehnervenschichte für Lichtreize sowie durch die Versuche H. Müller's, die auf die Stäbchen- und Zapfenschichte als den Ort der Lichtempfindung hinwiesen, widerlegt. Doch lässt sich nach den Beobachtungen des letzteren die Frage, ob die Aussen- oder Innenglieder oder beide die lichtpercipirenden Elemente seien, nicht entscheiden[2]). Im allgemeinen aber wird vorauszusetzen sein, dass, wenn die Aussenglieder auf nach innen gelegene percipirende Theile Licht wieder zurückwerfen, dadurch eine Verstärkung der Reizwirkung zu Stande kommen kann, ohne dass die räumliche Ordnung der Empfindungen gestört zu werden braucht. Da nämlich das Licht nahezu rechtwinkelig auf die Retina auffällt, so wird bei der regelmässigen Anordnung der Stäbchen- und Zapfenschichte das von einem Aussenglied reflectirte Licht wieder zu dem ihm entsprechenden Innengliede gelangen. Die Ansicht, dass die Aussenglieder wesentlich eine katoptrische Function haben, scheint ausserdem durch die von Max Schultze entdeckte Plättchenstructur derselben gestützt zu werden, obgleich neuerdings Schultze selbst mit W. Zenker dieser eine durchaus andere Bedeutung zuschreibt, indem er sie mit der Young-Helmholtz'schen Theorie der Lichtperception in Zusammenhang bringt[3]). Zenker geht bei seiner Hypothese von den Interferenzerscheinungen aus, welche bei der Brechung und Reflexion durch dünne Plättchen beobachtet werden. Nehmen wir an, je zwei Plättchen seien durch eine schwächer brechende Schichte, die wir als unendlich dünn betrachten wollen, von einander getrennt, und denken wir uns nun, ein Strahlenbüschel $a\ a'$ (Fig. 80) falle auf ein innerstes Plättchen 1 auf, so wird jeder Strahl $a\ b$, $a'\ b'$ in einen unter gleichem Winkel reflectirten Strahl $b\ c$, $b'\ c'$ und in einen nach dem Einfallsloth gebrochenen Strahl $b\ d$, $b'\ d'$ sich spalten. Jeder der letzteren wird aber in ähnlicher Weise wieder an der Oberfläche des zweiten Plättchens in einen reflectirten und in einen gebrochenen Strahl zerlegt werden, und es ist sogleich klar, dass bei einer gewissen Dicke des Plattensatzes der schliesslich übrig bleibende gebrochene Antheil des einfallenden Lichtes verschwindend klein ist gegen denjenigen, welcher durch Reflexion an der Oberfläche der einzelnen Plättchen wieder nach aussen zurückkehrt. Besitzt daher das Medium eine sehr vollkommene Durchsichtigkeit, so dass wenig Licht durch Absorption in demselben verloren geht, so wird nahezu alles eingedrungene Licht in Folge der wiederholten Reflexionen

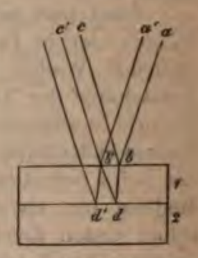


Fig. 80.

---

1) Hannover, Müller's Archiv 1840. S. 326. Brücke, ebend. 1844. S. 444.

2) Nach H. Müller (Ges. Abhandlungen I, S. 48) liegen am gelben Fleck die Zapfen 0,2—0,3 Mm. von den Netzhautgefässen entfernt, und aus der Bewegung des entoptischen Schattens der Netzhautgefässe, wenn ein Licht vor dem Auge hin- und herbewegt wird, berechnet sich ihre Entfernung von der lichtpercipirenden Schichte zu 0,17—0,32 Mm. Wenn hiernach beide Zahlwerthe ungefähr übereinkommen, so lässt sich doch nicht sagen, dass Müller's Versuche auf einen bestimmten Theil der Stäbchen- und Zapfenschichte hinweisen.

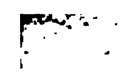
3) W. Zenker, Archiv f. mikr. Anat. III, S. 248.

wieder zurückgeworfen. Indem dann aber das zurückkehrende Licht zum Theil nochmals an den Grenzflächen der Plättchen zurückgeworfen wird, werden zugleich stehende Wellen entstehen können, ähnlich wie sie ein zwischen zwei festen Punkten ausgespanntes Seil zeigt, das man in Schwingungen versetzt hat. Es ist, wenn solche stehende Lichtwellen sich bilden sollen, nur die Voraussetzung nöthig, dass das Licht nach der Reflexion in den nämlichen Ebenen schwingt wie vorher, eine Voraussetzung, die wenigstens für einen Theil des zurückgeworfenen Lichtes zutreffend zu sein scheint [1]. Nimmt man nun an, dass der grösste Theil des eingefallenen Lichtes wieder nach den Aussengliedern reflectirt werde, so führt dies zu der Ansicht, welche wir oben vertreten haben, wonach die Aussenglieder katoptrische Apparate und die Innenglieder die lichtpercipirenden Elemente sind. Nimmt man dagegen an, der grösste Theil des Lichtes verschwinde in den Aussengliedern, indem er in denselben stehende Wellen bilde, so wird man mit Zenker die Aussenglieder als den Sitz der Lichtperception betrachten müssen. Als anatomischen Grund hat man für die letztere Ansicht noch speciell die Structur der Retina bei den Cephalopoden und Heteropoden angeführt [2]. Das Auge dieser Mollusken gleicht nämlich in seinem Bau dem Wirbelthierauge, es besteht aber die innerste, nicht die äusserste Lage seiner Netzhaut aus stäbchenförmigen Gebilden, an welche von aussen die Opticusfasern herantreten. Hieraus lässt sich zunächst jedoch nur folgern, dass Theilen, die im Auge der Wirbelthiere wahrscheinlich eine katoptrische Wirkung haben, hier jedenfalls eine dioptrische zukommt, so dass sie dieselbe Function besitzen, wie die vor ihnen gelegenen brechenden Medien, Linse und Glaskörper, mit denen sie sich auch nach Hensen als Einstülpungen der äusseren Haut entwickeln, während die Stäbchen und Zapfen bei den Wirbelthieren als Wachsthumsproducte des Gehirns, nämlich der primitiven Augenblase, entstehen.

Lässt man mit Zenker den grössten Theil des in die Aussenglieder gelangten Lichtes hier in Folge wiederholter Reflexion an den Grenzflächen der Plättchen stehende Wellen bilden, so führt dies zugleich zu einer Hypothese über die Entstehung der Farbenempfindungen, welche sich unmittelbar der Young'schen Theorie anschliesst. Verfolgt man nämlich den Weg der an den einzelnen Grenzflächen reflectirten Strahlen, so muss nach den allgemeinen Gesetzen der Brechung der bei d reflectirte Strahl $d\,b'$ bei seinem Uebergang in das vor 1 gelegene dünnere Medium um ebenso viel vom Einfallsloth weg gebrochen werden, als er bei seiner ersten Brechung bei b demselben genähert wurde. Der erst bei 2 reflectirte Theil $b\,d$ des Strahls $a\,b$ wird daher nur in Bezug auf seine Austrittsstelle verschoben, nimmt aber dieselbe Richtung an wie der sogleich reflectirte Theil $b\,c$ desselben Strahls, er muss sonach mit irgend einem andern an der Oberfläche von 1 reflectirten Strahl des parallelen Strahlenbüschels, z. B. mit $b'\,c'$, zusammenfallen und denselben verstärken. Dabei ist vorauszusetzen, dass die Verschiebung des reflectirten gegen den einfallenden Lichtstrahl, da der letztere sehr nahe mit dem Einfallsloth zusammenfällt, ausserordentlich gering ist. Dieselbe Betrachtung wird auf die in den tieferen Theilen des Plattensatzes reflectirten Strahlen Anwendung finden, d. h. es wird allgemein ein paralleles Strahlenbüschel auch wieder als solches unter gleichem Winkel reflectirt werden.

---

[1] Zenker a. a. O. S. 254.
[2] Hensen, Arch. f. mikr. Anat. II, S. 399.



Nach den allgemeinen Gesetzen der Wellenreflexion wird nun ein an der Grenze eines dichteren Mediums anlangender Wellenberg wieder als Wellenberg, ein an der Grenze eines dünneren Mediums anlangender Wellenberg aber als Wellenthal zurückgeworfen. Ebenso kehrt ein Wellenthal von der Grenze des dichteren Mediums wieder als Wellenthal, von der Grenze des dünneren als Wellenberg zurück. Allgemein also können wir sagen: Die Schwingungsphase bleibt ungeändert, wenn die Reflexion beim Uebergang aus einem dünneren in ein dichteres Medium stattfindet, die Schwingungsphase kehrt sich dagegen um, wenn die Reflexion beim Uebergang in ein dünneres Medium erfolgt. So werden z. B. die bei b, b' reflectirten Strahlen mit ungeänderter Phase zurückgeworfen, der Strahl $b\,d$ aber wird um eine halbe Wellenlänge verzögert. Wäre also die Dicke der Platte 1 verschwindend klein, so würde der Strahl $b'\,c'$ aus zwei Wellenzügen bestehen, einer bei b' reflectirten mit ungeänderter Phase und einer bei d reflectirten mit um eine halbe Wellenlänge verschobener Phase: es würden daher bei b' ein Wellenberg und ein Wellenthal zusammentreffen, die sich durch Interferenz ganz oder theilweise aufheben. Dies ändert sich, wenn die Plättchen eine Dicke haben, welche gegen die Wellenlänge des Lichtes nicht verschwindet, ein Verhalten, das für die Platten der Stäbchen und Zapfen jedenfalls vorausgesetzt werden muss, da die Dicke derselben durchschnittlich 0,003—0,004 Mm. beträgt, die Länge der Lichtwellen aber (0,0004—0,0007 Mm.) den zehnten Theil dieser Grösse theils eben erreicht theils wenig überschreitet. Nehmen wir nun z. B. an, der Weg $b\,d\,b'$ oder, was demselben nahehin gleich gesetzt werden kann, die doppelte Dicke der Platte sei ein gerades Vielfaches einer halben Wellenlänge, so wird der Strahl $d\,b'$ bei b' dieselbe Phase haben wie der unmittelbar bei b' reflectirte Strahl, die Wellen werden sich also jetzt verstärken. Ist dagegen die doppelte Dicke der Platte ein ungerades Vielfache einer halben Wellenlänge, so wird wieder ungleiche Phase, also Schwächung durch Interferenz vorhanden sein. Da nun in dem gemischten Licht Schwingungen von verschiedener Wellenlänge vorkommen, so können bestimmte Schwingungen verstärkt, andere geschwächt werden. Dies ist die Ursache, wesshalb dünne Platten, wenn sie von genau gleicher Dicke sind, einfarbig, und wenn sie von ungleicher Dicke sind, in verschiedenen Farben erscheinen. ZENKER hat nun, auf diese Erscheinungen gestützt, vermuthet, die Plättchenstructur der Aussenglieder sei dazu bestimmt das Licht in ähnlicher Weise zu analysiren, wie in unserm Ohr durch die verschiedene Breite der Grundmembran eine Analyse des Klangs möglich ist. Denken wir uns nämlich, die Dicke der Plattensätze sei eine veränderliche oder, was auf dasselbe hinauskommt, der Brechungsindex derselben sei ein etwas wechselnder, so könnte in bestimmten Plattensätzen Licht von bestimmter Wellenlänge verstärkt, anderes geschwächt werden. Hätte man z. B. dreierlei Plattensätze, die innerhalb jedes einzelnen Stäbchens und Zapfens vereinigt angenommen werden müssten, und von denen durch den ersten die brechbarsten (violetten), durch den zweiten die wenigst brechbaren (rothen) Strahlen und durch den dritten solche von mittlerer Brechbarkeit (grüne) verstärkt würden, so hätte man damit offenbar eine Einrichtung, welche dem unten zu erwähnenden Gesetz, dass wir alle Lichtempfindungen aus drei Grundempfindungen zusammensetzen können, einigermassen entspräche. Aber diese Annahme begegnet vorerst noch mehreren Bedenken. Erstens lassen sich Unterschiede in der Plättchendicke nicht nachweisen, ausgenommen solche zwischen den Aussengliedern der Zapfen und Stäbchen, die aber gerade vom Standpunkt

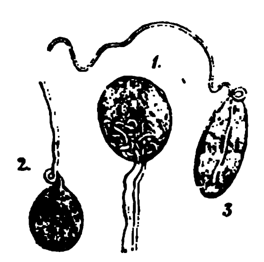
der Annahme einer derartigen Lichtzerlegung aus ganz unerklärlich sein würden: ebenso ist es sehr zweifelhaft, ob in dem Brechungsvermögen der einzelnen Theile eines Stäbchens oder Zapfens constante Unterschiede dieser Art existiren[1]. Sodann bleibt es unverständlich, warum die Zapfen, die doch eine grössere Zahl von Opticusfasern aufnehmen als die Stäbchen, mit kleineren Aussengliedern als diese versehen sind (vergl. Fig. 79 S. 330). Endlich aber müssen wir eine Analyse des Lichts durch percipirende Elemente überhaupt leugnen, weil eine solche Analyse, ähnlich wie sie dem Ohr zu Gebote steht, im Auge gar nicht existirt. Wir empfinden den Eindruck des weissen Lichtes nicht als gemischt aus gewissen Grundfarben, es liegt daher auch gar kein Grund vor in diesem Fall gesonderte Endorgane vorauszusetzen, mag man nun unter diesen, wie einst TH. YOUNG, specifisch empfindende Nervenfasern oder aber, wie HELMHOLTZ und M. SCHULTZE, gesonderte Theile der Stäbchen- und Zapfenschichte verstehen[2]. Diese Hypothese macht den Fehler, dass sie mehr erklärt als sie soll. Wenn für das Auge verschiedene Reizformen in eine qualitativ untrennbare Empfindung zusammenfliessen, so können wir hieraus mit demselben Rechte folgern, dass gesonderte Endorgane für diese Reizformen nicht existiren, wie wir beim Ohr wegen der hier thatsächlich bestehenden Fähigkeit der Analyse zusammengesetzter Empfindungen auf das Vorhandensein solcher gesonderter Vorrichtungen schliessen. So scheint uns denn die Annahme wahrscheinlicher, dass die Aussenglieder katoptrische Apparate sind, welche wesentlich die Bestimmung haben alles Licht auf die in den Innengliedern in regelmässiger Mosaik angeordneten Enden der Nervenfasern zu concentriren.

Da an den Stäbchen der katoptrische Apparat stärker entwickelt ist als an den Zapfen, an diesen dagegen das lichtempfindende Innenglied sowie die eintretende Nervenfaser in eine grössere Zahl feiner Endfibrillen zerfällt, so können wir vermuthen, dass die ersteren Elemente gegen die unmittelbare Lichtreizung empfindlicher, die letzteren zur Vermittlung einer genauen räumlichen Auffassung geeigneter seien. Damit steht das Ergebniss der vergleichend anatomischen Untersuchungen im Einklang, wonach bei den nachtsehenden Säugethieren, Fledermaus, Igel, Maulwurf, die Netzhaut ausschliesslich Stäbchen, bei den durch Schärfe des Sehens ausgezeichneten Vögeln und Reptilien aber vorzugsweise Zapfen enthält, mit Ausnahme der Nachtvögel, bei denen wiederum die Zahl der Stäbchen überhandnimmt. Auch beim Menschen und den Affen vermindern sich an der zum schärfsten Sehen bestimmten Stelle, am gelben Fleck, die Stäbchen, und die Mitte dieser Stelle führt nur Zapfen. Insofern die Stäbchen im Thierreich die verbreiteteren Elemente sind, werden sich wahrscheinlich die Zapfen aus denselben bei Vervollkommnung des Sehorganes ent-

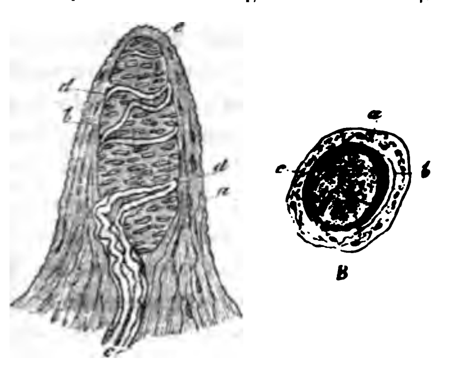
[1]) ZENKER schliesst zwar aus der starken sphärischen Aberration, welche man a dem durch die Stäbchenschichte gebrochenen Lichte beobachtet, dass der Brechungs index in der Axe der Aussenglieder geringer sei als an der Mantelfläche (a. a. O. S 259). Aber erstens ist es möglich, dass jene Erscheinung von dem die einzelne Stäbchen umgebenden schwächer brechenden Medium herrührt, und zweitens gibt ZENKER selbst zu, dass der Brechungsindex höchstens zwischen 1,5 und 1,338 variirt, währen er bis auf 0,8 herabsinken müsste, wenn alle Farben des Spektrums stehende Welle von gleicher Länge bilden sollten.

[2]) Zu der YOUNG'schen Ansicht müsste wieder zurückgegangen werden, wenn ma einer Beobachtung HENSEN's (Zeitschr. f. wiss. Zool. XV, S. 179), der in einem Fall a einem Stäbchen der Cephalopodenretina drei Nervenfasern hervorkommen sah, ei Bedeutung beilegen wollte. Hinsichtlich der ganzen Frage hat aber natürlich eine ve einzelte Beobachtung dieser Art keine entscheidende Beweiskraft.

elt haben. Mit der Einrichtung dieser Apparate zu schärferer Auffassung dann die Verminderung ihrer Lichtempfindlichkeit zusammenhängen. Denn n bei den Zapfen viel mehr lichtempfindende Elemente auf eine gegebene e kommen, muss, falls die Lichtempfindlichkeit nicht auf Kosten der Schärfe Sehens gesteigert sein soll, die intensive Wirkung des Eindrucks gemindert len, wenn seine extensive Wirkung zunimmt[1].



81. Drei Endkolben aus der Bindehaut des Auges, Menschen. Nach KÖLLIKER. 1 mit zwei Nerven-n, die innerhalb des Endkolbens einen Knäuel n. 2 mit Fettkörnchen im Innern. 3 mit einer rvenfaser, die kolbenförmig im Innern endigt.



2. Hautpapille mit Tastkörperchen vom Menschen. KÖLLIKER. A Längenansicht. a Rindenschichte apille, aus Bindesubstanz mit feinen elastischen n bestehend. b Tastkörperchen, mit queren Ker-esetzt. c Zutretende Nervenstämmchen. d Nerven-, die das Körperchen umspinnen. e Scheinbares einer solchen. B Flächenansicht (scheinbarer chnitt). a Rindenschichte. b Nervenfaser. c Kern-e Hülle des Tastkörperchens. d Tastkörperchen.

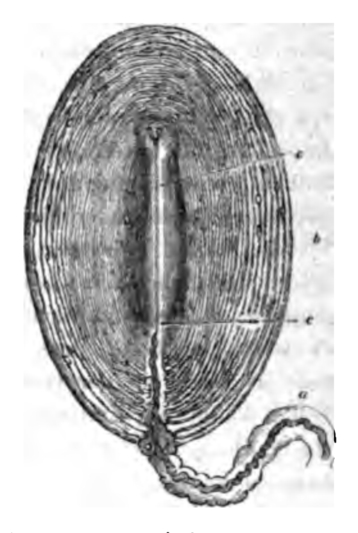


Fig. 83. PACINI'scher Körper aus dem Gekröse der Katze. Nach FREY. a Nerv mit seiner Hülle. b Kapselsysteme des Körpers. c Axenkanal, in welchem die Nervenfaser endigt.

Als Endorgane der Tastnerven pflegt man eigenthümliche kolben-ige Gebilde zu betrachten, welche an verschiedenen Stellen, theils er eigentlichen Haut, theils in ihren Schleimhautfortsetzungen, theils

[1] Vielleicht ist die physiologische Beobachtung, dass wir zuweilen im indirecten sehr schwache Lichteindrücke aufzufassen im Stande sind, die uns im directen entgehen, ebenfalls auf die grössere Empfindlichkeit der die Seitentheile der Netz-einnehmenden Stäbchenelemente zu beziehen.

im Unterhautbindegewebe gefunden werden und als **Endkolben**, **Tastkörperchen** und PACINI'sche **Körper** beschrieben sind. Alle drei stimmen darin überein, dass sie aus einer birnförmigen Kapsel aus fester Bindesubstanz bestehen, in welche eine oder mehrere Nervenfasern eintreten, um entweder im Innern oder an der Oberfläche derselben in einer noch nicht genau festgestellten Weise zu endigen (Fig. 81, 82 und 83. Alle diese morphologisch verwandten Gebilde können jedoch keinesfalls im selben Sinne wie die Stäbchen und Zapfen, die Haarzellen oder auch die Riech- und Geschmackszellen als Endorgane der sensibeln Nerven betrachtet werden. Dagegen spricht nämlich vor allem die Thatsache, dass es weite Strecken der Haut gibt, die der Tastempfindung durchaus nicht entbehren, wo aber keines jener Endgebilde nachgewiesen ist[1]. Hiernach sowie mit Rücksicht auf die Verbreitung derselben ist wohl anzunehmen, dass solche kolbenförmige Endgebilde nur dazu bestimmt sind die Tastempfindlichkeit gewisser Theile zu erhöhen, vielleicht indem sie polsterförmige Unterlagen für die Nerven gewähren und dieselben auf diese Weise schwachen Druckreizen zugänglicher machen. Wie aber die Nervenfasern selbst in der Haut endigen, ist bis jetzt nicht sicher festgestellt. Einige Beobachtungen machen es wahrscheinlich, dass die letzten Endfasern mit Epidermiszellen der tieferen Schichten der Oberhaut zusammenhängen[2]. Doch da man diese Zellen kaum als Endorgane im physiologischen Sinne ansehen kann, als solche Organe nämlich, die ausschliesslich zur Auffassung der Eindrücke befähigt wären, so ist es am wahrscheinlichsten, dass die letzten Zweige der sensibeln Nerven selbst durch die Druck- und Temperaturreize erregt werden. Auch in dieser Beziehung unterscheidet sich also der Tastsinn wesentlich von den vier Specialsinnen. Den mit Organempfindungen begabten Theilen schliesst er ausserdem insofern sich an, als die eine Form jener kolbenförmigen Endgebilde der sensibeln Nerven, die PACINI'schen Körper, ausser in der Haut auch in innern Organen, namentlich an den Gelenken und im Mesenterium, vorkommen[3]. Hierdurch bestätigt sich die früher auf die Qualitäten der Hautempfindungen gestützte Bemerkung, dass

---

[1]) Endkolben sind bis jetzt nur in der Bindehaut des Auges, der Schleimhaut de Mundhöhle, der Lippen, der Zunge und des weichen Gaumens sowie in einer etwa modificirten Form an der glans penis und clitoridis aufgefunden. Tastkörperchen finde sich an den Fingerenden, besonders reichlich am Zeigefinger, in der Haut der Handfläche, des Handrückens, des Vorderarmes, der Fussohle, des Fussrückens, der Brus warze und in der Lippenschleimhaut. Die PACINI'schen (oder VATER'schen) Körpei chen hängen den Verzweigungen der Hautnerven im Unterhautbindegewebe an. Si finden sich so in grosser Zahl an der Haut der Fingerflächen, am Hand- und Fussrückei an der Fussohle, in geringerer Menge am Oberarm, Vorderarm, Halse, an den Gelenl und Intercostalnerven sowie an den Verbreitungen der sympathischen Bauchgeflech im Mesenterium.

[2]) HENSEN, Archiv f. mikr. Anatomie IV, S. 146.

[3]) RAUBER, VATER'sche Körper der Bänder- und Periostnerven und ihre Beziehu zum sog. Muskelsinne. Neustadt a. d. H. 1865.

die Haut und die Gesammtheit der übrigen sensibeln Theile mit Ausnahme der Organe der vier Specialsinne, im Grunde nur ein allgemeines Sinnesorgan ausmachen, das sich auf der Hautfläche zu grösserer Vollkommenheit entwickelt und eine für die Auffassung objectiver Reize geeignetere Beschaffenheit angenommen hat. Anatomisch ist dieses allgemeine Gefühlsorgan wahrscheinlich dadurch ausgezeichnet, dass in ihm die Nervenfasern direct von den Reizen getroffen werden, während in den Organen der vier Specialsinne überall besondere Endgebilde existiren, durch welche Reize, die bei directer Einwirkung zu schwach sind, um eine Erregung hervorzubringen, den Nerven in einer verstärkten oder modificirten Form zugeführt werden.

Die wesentlichsten qualitativen Verschiedenheiten, welche der Gefühlssinn darbietet, sind die der Druck- und der Temperaturempfindungen. Beide sind, da sie auf durchaus verschiedenen Formen der Reizung beruhen, nicht mit einander vergleichbar. Nur die schwächsten Temperatur- und Tastreize, die nahe der Empfindungsschwelle liegen, können verwechselt werden [1], eine Thatsache, welche für die ohnehin wahrscheinliche Annahme spricht, dass beide Formen des Reizes von den nämlichen Nervenfasern aus wirken. Unter den Temperaturempfindungen sind wieder die Wärme- und Kälteempfindungen qualitativ disparat, daher denselben wohl auch verschiedenartige Reizungsvorgänge zu Grunde liegen.

Indem wir hiermit dem Gefühlssinn die Bedeutung eines allgemeinen Sinnes zuerkennen, der von den Gemeingefühlen nicht strenge zu sondern ist, suchen wir eine Auffassung wieder zur Geltung zu bringen, welche im wesentlichen schon J. Müller [2] vertreten hat. In neuerer Zeit wurde dieselbe durch die Annahme einer specifischen Natur der Tastempfindungen verdrängt, was mit der Tendenz einer folgerichtigen Durchführung der Lehre von den specifischen Energieen im Zusammenhange steht. Auf experimentellem Wege hat E. H. Weber das specifische Wesen der Tastempfindungen zu begründen gesucht. Er stützte sich hierbei auf folgende Beobachtungen: 1) Innere Theile, wie die Schleimhaut des Magens, des Darms, blossgelegte Wundflächen u. s. w., können durch Druck- und Temperaturreize entweder gar nicht oder jedenfalls viel schwieriger erregt werden als die äussere Haut [3]. 2) Die Einwirkung der nämlichen Reize auf die Nervenstämme, deren Fasern sich im Tastorgan ausbreiten, bringt keine Druck- und Temperaturempfindung sondern nur Schmerz hervor [4]. Schon Weber vermuthete daher, dass in der Haut, wie in den anderen Sinneswerkzeugen, specifische Einrichtungen zur Auffassung der Reize getroffen sein möchten, und wies in dieser Beziehung auf die Pacini'schen Körper hin [5]. Diese Auffassung

---

[1] Fick und Wunderlich, Moleschott's Untersuchungen zur Naturlehre des Menschen VII, S. 1.
[2] Handbuch der Physiologie II, S. 494.
[3] Art. Tastsinn und Gemeingefühl S. 513 f.
[4] Ebend. S. 497.
[5] Ebend. S. 521.

schien sich dann glänzend zu bestätigen, als die Entdeckung der Tastkörperchen durch MEISSNER, der Endkolben durch KRAUSE eine Reihe analoger Endgebilde kennen lehrte [1]). Aber es wurde schon oben darauf hingewiesen, dass damit immer noch viele, ja vielleicht die meisten der einfach sensibeln Nerven der besondern Endorgane entbehren, während von diesen letzteren hinwiederum manche, nämlich ein grosser Theil der PACINI'schen Körper, in Theilen vorkommen, die nicht zum eigentlichen Tastorgan gehören. Auch die von WEBER beigebrachten Beobachtungen beweisen bei genauerer Prüfung nicht ganz was sie sollen. Wenn Druck- und Temperaturreize direct auf die Nervenstämme oder auf innere Theile angewandt bis zu ziemlich beträchtlicher Stärke ohne Wirkung bleiben, so beweist dies eben nur eine geringere Reizbarkeit, keine verschiedenartige Energie des Empfindens. Wenn z. B. bei Anfüllung des Mastdarms mit kaltem Wasser oder bei Berührung einer eiternden Wundfläche mit einem kalten metallischen Körper der Patient nicht sicher zu entscheiden vermag, ob der Eindruck kalt oder warm sei, so weist das stattfindende Schwanken des Urtheils doch immerhin auf die, obzwar undeutliche, Empfindung eines Temperaturreizes hin. Dabei kommt dann ausserdem in Betracht, dass offenbar bei vielen inneren Theilen, und vielleicht ebenso bei den sensibeln Nervenstämmen, Reizschwelle und Reizhöhe einander sehr nahe liegen. Nun vermindert sich auch im Tastorgan mit der Annäherung an jene beiden Grenzwerthe die Deutlichkeit der Empfindung ausserordentlich, so dass Wärme und Kälte, Druck und Temperatur leicht mit einander verwechselt werden. Sucht man sich aber über die Qualität irgend welcher aus innern Reizen hervorgegangener Organgefühle Rechenschaft zu geben, so werden immer die Druck- und Temperaturempfindungen der Haut zum Vergleichungsmassstabe gewählt; nie wird an irgend eine der andern Sinnesqualitäten gedacht. Es mag hier allerdings zum Theil die häufig vorkommende Miterregung des Tastorgans (durch einen von innern Organen ausgehenden Druck- oder Temperaturreiz) im Spiele sein; aber jene Beziehung ist doch auch in solchen Fällen vorhanden, wo an eine solche Reizung des Tastorgans selbst nicht zu denken ist. So werden denn auch die Schmerzen der innern Organe als brennend, drückend, stechend u. s. w. bezeichnet, Ausdrücke, die unmittelbar an die Qualitäten bestimmter Tastempfindungen erinnern. Der Unterschied der Haut von den übrigen Organen, in welchen einfach sensible Nerven sich ausbreiten, besteht also wesentlich darin, dass jene in Bezug auf den Reizumfang bevorzugt ist. Hierdurch vermag das Tastorgan theils Veränderungen der Reizstärke zwischen weiteren Grenzen zu unterscheiden, theils aber auch die verschiedenen Qualitäten der Tastreize, Wärme, Kälte und Druck, ungleich schärfer aufzufassen. Diese Unterschiede in Bezug auf Reizschwelle und Reizhöhe können möglicher Weise in zwei Momenten ihren Grund haben: erstens in der günstigeren Lage der Nervenenden gegenüber den auf sie wirkenden Reizen, und zweitens in der Interpolation solcher nervöser Gebilde, welche die Reizbarkeit der peripherisch gelegenen Nervenfasern vergrössern. Dass eine solche Rolle unter Umständen den Ganglienzellen zukommen kann, haben wir in Cap. VI gesehen, und in der That sind, worauf wir unten zurückkommen werden, wahrscheinlich in die Endausbreitung aller sensibeln Nerven Ganglienzellen eingestreut.

---

[1]) MEISSNER, Beiträge zur Anatomie und Physiologie der Haut. Leipzig 1853. KRAUSE, die terminalen Körperchen der einfach sensibeln Nerven. Hannover 1860.

Vergleichen wir die Einrichtungen, welche in den verschiedenen Sinnesorganen zur Auffassung der Reize getroffen sind, so bietet offenbar der allgemeinste Sinn, der Gefühlssinn, die einfachsten Verhältnisse dar. Die in feine Endfibrillen zerspaltenen Nervenfasern selbst sind es, die hier die Eindrücke aufnehmen; und an besonders bevorzugten Stellen finden sich Vorrichtungen, durch welche, wie es scheint, die Nervenfasern den Reizen zugänglicher gemacht werden. Wahrscheinlich hängt diese Einfachheit der anatomischen Grundlage damit zusammen, dass die Druck- und Temperatureinwirkungen eine Beschaffenheit und Stärke besitzen, welche besondere Endgebilde zur Auffassung der Reize entbehrlich machen. Solche Endgebilde kommen erst bei den vier Specialsinnen zur Anwendung. Unter diesen scheint der Gehörssinn dem Gefühlssinne insofern am nächsten zu stehen, als bei ihm, ähnlich wie bei den Druckempfindungen, mechanische Erschütterungen der Nervenenden die Reizung bewirken, und diese scheinen sogar in dem zur analytischen Auffassung der Schalleindrücke vorzugsweise befähigten Theil des Gehörorgans, in der Schnecke, ebenfalls die Nervenenden selber zu treffen, da die letzteren hier unmittelbar der Grundmembran aufliegen, deren Schwingungen sich ihnen mittheilen müssen. Dazu kommen dann aber in der Schnecke sowohl wie in den Ampullen der Bogengänge die Cilien der den Nervenfasern aufsitzenden epithelförmigen Endzellen, welche durch die Leichtigkeit, mit der sich mechanische Erschütterungen auf sie übertragen, vorzugsweise geeignet sind Schallreize von sehr geringer Intensität und von sehr verschiedener Form auf die Nervenfasern fortzupflanzen. Wesentlich anders gestalten sich die Verhältnisse bei den drei weiteren Specialsinnen. In der Geruchs- und Geschmacksschleimhaut sind die äusseren Verhältnisse zwar insofern übereinstimmende, als auch hier cilienförmige Fortsätze der Endepithelien die Reizeinwirkung vermitteln. Aber dabei pflanzt nicht einfach die mechanische Bewegung als solche auf die Endgebilde sich fort, sondern es ist höchst wahrscheinlich eine chemische Einwirkung, welche eine Bewegung jener Cilien und durch sie den Reizungsvorgang hervorruft. Hier weicht also die Art des letzteren wesentlich von seiner äusseren Ursache ab. Sehr verschiedene Reize können daher den nämlichen Erregungsvorgang auslösen, die Beziehung zwischen Qualität der Empfindung und Form des Reizes ist nur eine indirecte, insofern gewissen Classen chemischer Einwirkung übereinstimmende Formen der Erregung zu entsprechen pflegen. In dieser Beziehung haben darum auch Geruchs- und Geschmackssinn bis zu einem gewissen Grad ein analytisches Vermögen: Säuren, Basen, Salze, ätherische Oele u. s. w. bewirken Empfindungen von ähnlicher Qualität, also auch, wie wir vermuthen dürfen, Reizungsvorgänge von ähnlicher Form. Aber die Empfindung folgt nicht, wie beim Gehörssinn,

stufenweise der Form des Reizes, sondern sie ist nur ein verhältnissmässig rohes Reagens für gewisse bedeutende Differenzen der chemischen Einwirkung.

Schon in dieser Beziehung schliesst sich der Gesichtssinn den beiden letztgenannten Sinnen näher als dem Gehörs- und dem Tastsinne an. Er unterscheidet sich von ihnen nicht sowohl durch die Feinheit der objectiven Reizanalyse, — hierin übertrifft er sie kaum, da sehr verschiedene Formen der Lichtreizung für die Empfindung nicht unterscheidbar sind — als durch die Genauigkeit in der Unterscheidung der subjectiven Reizerfolge, der Empfindungen, welche er in die stetige Mannigfaltigkeit der Farben ordnet, der im Gebiete jener niedrigeren chemischen Sinne kein ähnlich ausgebildetes Continuum entspricht. Vielmehr sind hier zu einem solchen nur Bruchstücke vorhanden, welche sich theils in gewissen Geruchs- und Geschmacksnuancen, theils in Mischempfindungen zu erkennen geben. Im Ganzen aber bildet jeder dieser Sinne, da zwischen derartigen Bruchstücken unbestimmte Lücken bleiben, die es unmöglich machen die vorhandenen Ansätze zu einem Continuum in irgend eine Ordnung zu bringen, eine discrete Mannigfaltigkeit von Empfindungen [1]. Es ist sehr wahrscheinlich, dass jene Uebereinstimmung des Gesichtssinns mit den im engeren Sinne so zu nennenden chemischen Sinnen, die Unvollkommenheit der Reizanalyse, auch auf einer übereinstimmenden Ursache beruht, darauf nämlich, dass in der Netzhaut des Auges ebenfalls nicht, wie im Tast- und Gehörorgan, der äussere Bewegungsvorgang in eine ihm entsprechende Reizbewegung übergeht, sondern dass er sich bei der Uebertragung auf die Nervenenden in irgend eine andere Bewegungsform umsetzt. Um welche Art der Umsetzung es sich dabei handelt, muss natürlich vorerst unbestimmt bleiben, aber auch hier ist vielleicht die Vermuthung gerechtfertigt, dass eine chemische Wirkung vorliegt. Zur Begründung dessen kann man im allgemeinen einerseits auf die leichte chemische Zersetzbarkeit der Nervensubstanz, anderseits auf die chemische Wirksamkeit des Lichtes überhaupt hinweisen [2].

[1] Es muss übrigens zugestanden werden, dass es Organismen geben mag, bei denen die beim Menschen nur als Anlage vorhandene Disposition zu einem Continuum der Geruchs- und der Geschmacksempfindungen zu einer wirklichen Ausbildung gelangt ist, ebenso wie anderseits sehr wahrscheinlich Organismen existiren, denen das Continuum der Gehör- und der Lichtempfindungen, das der Mensch besitzt, fehlt, so dass statt dessen nur discrete Mannigfaltigkeiten vorhanden sind. Für alle Sinne ist offenbar die stetige Mannigfaltigkeit in der Anlage vorhanden, ob sie zur Wirklichkeit geworden, ist übrigens Sache der speciellen Entwicklung.

[2] Die Thatsache, dass die gewöhnlich so genannten chemischen Strahlen, d. h. diejenigen, welche auf Silber- und andere Verbindungen vorzugsweise leicht zersetzend einwirken, an der oberen Grenze des Spektrums oder sogar über dieselbe hinaus liegen, also entweder nur schwach oder gar nicht mehr empfunden werden können, bildet gegen diese Annahme keinen Einwand, da die chemische Wirksamkeit der einzelnen Strahlengattungen auch von der Natur der Verbindungen abhängt, auf welche die Wirkung stattfindet. Insbesondere scheinen sich in dieser Beziehung die complexen organischen Verbindungen wesentlich von den einfacheren Metallverbindungen zu unterscheiden. So fand N. J. C. Müller (botanische Untersuchungen. Heidelberg 1872), da

Bei den niedersten Formen des Sehorgans scheint die photochemische Wirkung stets von einer Absorption begleitet zu sein, welche gewisse Lichtstrahlen, namentlich die stärker brechbaren, trifft. Diese niedersten Formen des Sehorgans bestehen nämlich in mit Nervenfasern verbundenen Epithelzellen, welche mit rothem Pigmente, also mit einer Substanz, die vorzugsweise Strahlen von geringer Brechbarkeit durchlässt, erfüllt sind. Ein solcher Absorptionsvorgang scheint noch in der Retina der Vögel die photochemische Wirkung zu begleiten, indem man hier in den Innengliedern der Zapfen rothe und gelbe Pigmentkugeln vorfindet[1]. Da nun die absorbirten Strahlen vorzugsweise zu chemischer Arbeit verwandt werden müssen, so dürfte das Vorkommen solcher rother und gelber Pigmente die Bedeutung haben, dass in den betreffenden Sehorganen vorzugsweise die brechbareren Strahlen die Reizwirkung ausüben[2]. Da in Folge dieser Verhältnisse sowie der sonstigen chemischen Eigenschaften der Endfasern die Wirksamkeit der einzelnen Strahlengattungen jedenfalls eine verschiedene ist, so erhellt hieraus schon, dass im allgemeinen mit der Veränderung des objectiven Lichtes auch der Reizungsvorgang sich ändern wird, wobei jedoch eine genaue Beziehung zwischen beiden nicht zu bestehen braucht. Auch genügt die Annahme einer blossen Gradverschiedenheit in der Wirkung der verschiedenen Lichtstrahlen auf die Endfasern des Sehnerven nicht, um die Mannigfaltigkeit der Lichtempfindungen zu erklären; sonst würden wir statt der verschiedenen Farben nur Licht von verschiedener Stärke empfinden. Es müssen daher noch andere Unterschiede in den chemischen Erfolgen der Lichtreizung stattfinden, Unterschiede, welche wir, ähnlich wie bei den Geruchs- und Geschmackseindrücken, nur im allgemeinen als solche in der Form des Reizungsvorganges bezeichnen können, ohne dass wir ihre Natur näher zu bestimmen vermöchten. Uebrigens

die stärkste Sauerstoffabscheidung des Chlorophylls der Pflanzen bei Bestrahlung mit rothem Licht stattfindet, welches auch durch das Chlorophyll am stärksten absorbirt wird.

[1] H. Müller, über die Retina S. 37. Ges. Abhandl. S. 76 und Taf. II.

[2] Die allerdings nahe liegende Vermuthung, welche Zenker (Archiv für mikr. Anatomie III, S. 250) ausspricht, dass die roth pigmentirten Zapfen die Empfindung Roth, die gelb pigmentirten die Empfindung Gelb vermitteln, kann ich nicht theilen. Die objective Färbung eines Endorganes hat ja mit der subjectiven Beschaffenheit seiner Empfindung an und für sich gar nichts zu thun. Im vorliegenden Fall wird man aber sogar annehmen dürfen, dass diejenigen Strahlen, welche das Endorgan absorbirt, also die zu seiner eigenen Farbe complementären, den Haupteffect der Reizung hervorbringen. Auch für die Hypothese, dass die Empfindungen der verschiedenen Farben an verschiedene Endorgane gebunden seien, beweisen die pigmentirten Zapfen nichts. Roth und Gelb sind zu nahe stehende Farben, als dass sie oder ihre Complementärfarben mit einer dritten zusammen ein irgend vollständiges Farbensystem bilden könnten. Dazu kommt nun, dass Zapfen mit einem dritten, z. B. blauen, Pigment nicht vorkommen, und dass nach der Young'schen Hypothese, wenigstens beim Menschen, jedes Zapfen alle drei Grundempfindungen, nicht bloss eine, vermitteln soll. Es wäre aber durchaus unwahrscheinlich anzunehmen, bei den Vögeln, die sich doch bekanntlich durch sehr bedeutende Sehschärfe auszeichnen, setze sich das Sehen aus einer viel roheren Farbenmosaik als beim Menschen zusammen.

zeigt der Gesichtssinn die bemerkenswerthe Eigenthümlichkeit, die mit der Einordnung seiner Empfindungen in ein Continuum zusammenhängt, dass diese Unterschiede der Reizungsform bei den schwächsten und bei den stärksten Reizen aufhören: die schwächsten Lichteindrücke jeder Art werden als Dunkel oder Schwarz, die stärksten als Weiss empfunden. Jene Differenzen der Reizwirkung oder, wie wir vermuthen, der photochemischen Wirkung auf die Endfasern des Opticus, welche wir auf verschiedene Lichtqualitäten beziehen, sind also bei einer gewissen mittleren Intensität der Lichtreize am deutlichsten ausgebildet. Den qualitativen Verschiedenheiten der Empfindung werden aber Differenzen der photochemischen Wirkung entsprechen, die wir gleichfalls in einem gewissen Sinne als qualitative betrachten können, nämlich als solche, die je nach der Strahlengattung verschiedene der chemischen Verbindungen ergreifen, aus welchen die Nervensubstanz besteht. Dabei muss jedoch erstens ein abgestufter Uebergang der chemischen Wirkungen stattfinden, und es werden zweitens, wie die Rückkehr der Farbenempfindungen im Violett gegen den rothen Anfang des Spektrums annehmen lässt, die brechbarsten der empfindbaren Strahlen Wirkungen äussern, welche denen der wenigst brechbaren wieder nahe kommen.

Nach der muthmasslichen Art der Reizübertragung können wir hiernach alle Sinne vorläufig in zwei Classen bringen: in die mechanischen und in die chemischen Sinne. Bei den ersteren, welche den allgemeinen Gefühlssinn und unter den Specialsinnen das Gehör umfassen, ist es die directe Uebertragung der äussern Bewegungsvorgänge auf die Nervenenden, wodurch die Reizung erzeugt wird. Bei den letzteren, zu welchen wir die drei übrigen Specialsinne rechnen, löst der Reiz sogleich einen anderartigen Vorgang, wahrscheinlich eine chemische Molecularbewegung, aus. Bei den mechanischen Sinnen steht offenbar der Vorgang in den Endnervenfasern dem äusseren Reizungsvorgang viel näher, wir empfinden den letzteren mit ihnen gleichsam unmittelbarer als mit den chemischen Sinnen, bei denen die Form der Erregung in höherem Grade von der unbekannten Molecularconstitution der Nerven abhängt. Insofern sind die mechanischen Sinne augenscheinlich die einfacheren. Der allgemeinste unter ihnen, der Tastsinn, ist wahrscheinlich die Grundlage für die Entwicklung der vier Specialsinne gewesen. Bei dreien der letzteren hat sich diese Entwicklung wohl im Anschlusse an Wimperzellen vollzogen, die im niederen Thierreich als besondere Ausstattung einzelner Theile der Hautbedeckung auftreten. Denn die Hörhaare, die Fortsätze der Riech- und Geschmackszellen sind Cilien, die durch Lage und Beschaffenheit für bestimmte Reizformen vorzugsweise empfänglich sind. Andere Epithelzellen der Hautbedeckung sind durch Pigmentablagerung oder, bei den höheren Thieren, durch

complicirte Cuticularbildungen der photochemischen Wirkung des Lichtes vorzugsweise zugänglich und so zu Aufnahmegebilden für Lichtreize geworden.

An allen Sinnesnerven finden sich endlich noch gewisse gemeinsame Einrichtungen, welche auf übereinstimmende Erfordernisse hindeuten: dies sind die Ganglienzellen, welche, wie es scheint, stets den Sinnesnervenfasern kurz vor ihrer Endigung interpolirt sind. Nach den Grundsätzen der allgemeinen physiologischen Mechanik des Nervensystems sind aber die Ganglienzellen überall Apparate zur Ansammlung von Arbeitsvorrath, welche, je nach der Art ihrer Verbindung mit den Nervenfasern, entweder zugeleitete Erregungen hemmen oder solche verstärkt durch die in ihnen frei werdenden Kräfte auf weitere Fasern übertragen [1]. Es kann nicht bezweifelt werden, dass in den Ganglienzellen der Sinnesnerven keine Hemmung sondern eine solche Uebertragung stattfindet, oder dass, um in der Sprache der früher entwickelten Molecularhypothese zu reden, die Sinnesnervenfasern auf ihrer peripherischen Seite mit der peripherischen Region der Zellen in Verbindung stehen. (Siehe S. 267.) Darnach würden diese Anfangszellen der Sinnesnerven als Vorrichtungen zu betrachten sein, welche theils den durch die besonderen Endgebilde den Nervenfasern zugeleiteten Reizungsvorgang nochmals verstärken, theils die für eine grössere Zahl aufeinander folgender Reizungen erforderliche Kraft den Nerven zur Verfügung stellen.

Als letzte allgemeine Frage erhebt sich endlich die nach den Beziehungen der in den Endfasern und ihren Anhangsgebilden durch den Reiz verursachten Vorgänge und desjenigen Vorgangs, welcher dann in den Sinnesnerven weiter geleitet zum Gehirn gelangt. Bleibt dieser Vorgang bis zu seinem centralen Endpunkte von derselben nach der Form der Reize wechselnden Form wie in den peripherischen Endgebilden, oder findet bei der Fortpflanzung eine nochmalige und vielleicht im Gehirn eine dritte Transformation statt? Man hat bis jetzt die letztere Annahme bevorzugt, indem man einerseits an der Lehre von der specifischen Energie der Sinnesnerven festhielt, anderseits aber den Satz von der functionellen Indifferenz der Nervenfasern stillschweigend oder ausdrücklich annahm. Nach der Lehre von der specifischen Energie der Sinnesnerven ist die Qualität der Empfindung eine der Substanz eines jeden Sinnesnerven durchaus eigenthümliche Function. Indem wir Licht, Schall, Wärme u. s. w. empfinden, kommt uns nichts von dem äussern Eindruck sondern nur die Reaction unserer Sinnesnerven auf denselben zum Bewusstsein. Die spe-

[1] Vgl. Cap. VI.

cifische Energie aber äussert sich in doppelter Weise: einmal darin, dass jeder Sinnesnerv bestimmten Reizen allein zugänglich ist, so der Sehnerv dem Licht, der Hörnerv dem Schall u. s. w., und sodann darin, dass jeder Sinnesnerv auf die allgemeinen Nervenreize, namentlich die mechanische und elektrische Erregung, nur in der ihm specifischen Form reagirt. Es wurde schon gelegentlich bemerkt, wie der erste dieser Sätze für die verbreitetste Classe der Sinnesnerven, nämlich für die Nerven der Haut und anderer sensibler Organe, nicht gilt, insofern für sie ein allgemeiner Nervenreiz, der mechanische, zugleich ein ihnen adäquater Reiz ist. Bei den vier Specialsinnen scheint aber die specifische Reizbarkeit nicht sowohl auf einer specifischen Eigenthümlichkeit der Nerven zu beruhen als darauf, dass jedem der letzteren besondere Endgebilde beigegeben sind, welche die Uebertragung bestimmter Formen der Reizbewegung auf die Nervenenden vermitteln. So hat man denn auch die Lehre in ihrer ursprünglichen Form aufgegeben und, indem man sie durch den Satz von der functionellen Indifferenz der Nerven verbesserte, die specifische Form der Sinnesleistung ausschliesslich auf die Endgebilde in den Sinnesorganen und im Gehirn zurückgeführt. Die Nervenfasern werden nach einem oft gebrauchten Bilde mit Telegraphendrähten verglichen, in denen immer dieselbe Art des elektrischen Stromes geleitet wird, der aber, je nachdem man die Enden des Drahtes mit verschiedenen Apparaten in Verbindung setzt, die verschiedensten Effecte hervorbringen, Glocken läuten, Minen entzünden, Magnete bewegen, Licht entwickeln kann u. s. w.[1]. Wird nun ausserdem zugegeben, dass die peripherischen Endgebilde nach ihrer ganzen Einrichtung wahrscheinlich nur die Uebertragung der specifischen Reizformen auf die Nervenfasern, nicht selbst die Empfindung vermitteln, so bleiben allein die centralen Sinnesflächen im Gehirn übrig, auf deren mannigfache Energieen alle Unterschiede der Empfindung zurückzuführen wären. Sollte man aber auch die peripherischen Endgebilde selbst Theil nehmen lassen an dem Act der Empfindung, so würde man doch über eine solche specifische Energie der centralen Sinnesflächen nicht hinwegkommen, da nach Hinwegfall des Sinnesorgans die Reizung des Nerven noch specifische Empfindungen auslöst. Man müsste dann in den Centraltheilen immerhin Verschiedenheiten der Vorgänge annehmen, die als eine Art Zeichen oder Signale den Verschiedenheiten der peripherischen Reizungsvorgänge entsprächen[2]. Nun

---

[1] Helmholtz, Lehre von den Tonempfindungen, 3te Aufl. S. 233.

[2] In dieser Weise habe ich selbst früher die Lehre von den specifischen Sinnesenergieen mit dem Satz von der functionellen Indifferenz zu vereinigen gesucht. S. meine Vorlesungen über die Menschen- und Thierseele I, S. 182. Auch die Voraussetzung, dass die peripherischen Endgebilde selbst centraler Functionen fähig seien, wie sie mit Rücksicht auf manche andere Verhältnisse der Sinnesempfindungen ausgesprochen wurde (Mach, Vierteljahrsschrift f. Psychiatrie II), hilft nicht aus dieser Verlegenheit. Denn

machen es, wie wir in Cap. V gesehen haben, sowohl die elementaren Structurverhältnisse des Gehirns wie die Zergliederung seiner Verrichtungen in hohem Grade wahrscheinlich, dass der Satz von der functionellen Indifferenz im selben Umfange, in welchem er in Bezug auf die Nervenfasern angenommen ist, auch auf die centralen Endigungen derselben ausgedehnt werden muss. Die Unterschiede, die an den letzteren gefunden werden, sind nicht grösser als diejenigen, welche die verschiedenen Nervengattungen darbieten, und der Erfahrung, dass verschiedenartige Nervenenden mit einander verheilt und dann z. B. durch Reizung sensibler Fasern motorische Wirkungen ausgelöst werden können[1], treten die umfangreichen Stellvertretungen zwischen den centralen Endgebilden als nahehin gleichberechtigte Thatsachen zur Seite. Offenbar hat man bei dieser Verlegung in die Centraltheile nur den Kunstgriff gebraucht, den Sitz der specifischen Function in ein Gebiet zu verschieben, das noch hinreichend unbekannt war, um über dasselbe beliebige Behauptungen wagen zu können[2].

Zu den Schwierigkeiten, welche der Lehre von der specifischen Energie in ihrer Anwendung auf die verschiedenen Sinne anhaften, kommen noch grössere, sobald man dieselbe den Erfahrungen über die qualitativen Empfindungsverschiedenheiten eines und desselben Sinnes anpassen will. Im Sehnerven sollen nach der von HELMHOLTZ adoptirten und modificirten Hypothese YOUNG's dreierlei Nervenfasern existiren, roth-, grün- und violett-empfindende. Nun wird aber der örtlich beschränkteste Lichteindruck niemals in einer bestimmten Farbe wahrgenommen: man ist also genöthigt auf der kleinsten Fläche der Retina schon eine Mischung dieser drei Fasergattungen oder ihrer Endgebilde vorauszusetzen. eine Annahme, welche mit dem Durchmesser der Stäbchen, deren jedes, wie es scheint, nur je eine Primitivfibrille aufnimmt[3] schwer in Einklang zu bringen ist. Aber noch grösser werden die Schwierigkeiten im Gehörorgan. Hier muss man wegen der analysirenden Fähigkeit des Ohres natürlich annehmen, dass jedem einfachen Ton von bestimmter Höhe eine bestimmte Nervenfaser entspreche, welche mit dem auf sie abgestimmten Theil der Grundmembran in Verbindung stehe. Nun ist aber unsere Tonempfindung eine stetige, sie springt nicht plötzlich sondern geht allmälig von einer Tonhöhe zur andern über. Man müsste also unendlich viele Nervenfasern postuliren. Um dem zu entgehen, setzt HELMHOLTZ voraus, durch einen Ton, der zwischen

---

die Annahme centraler Signale bleibt immer erforderlich, da nach Zerstörung der Sinnesorgane immer noch die specifischen Empfindungen derselben in Folge centraler Reizung entstehen können.

[1] Vgl. S. 227.

[2] Vgl. Cap. V, S. 226. 231.

[3] Siehe oben S. 329.

den der specifischen Empfindung je zweier Fasern entsprechenden Tönen in der Mitte liege, würden **beide** in Erregung versetzt, und zwar beide gleich stark, wenn der betreffende Ton genau die Mitte halte zwischen den zwei Grundempfindungen, verschieden stark, wenn er der einen oder andern näher stehe [1]). Dies steht aber im Widerspruch mit der Thatsache, dass ein einfacher Ton immer nur eine einfache Empfindung bewirkt. Bei den Tönen, welche in dem Intervall zwischen den Grundempfindungen zweier Nervenfasern gelegen sind, müsste nothwendig die Empfindung eine zusammengesetzte sein. Auf die anatomischen Schwierigkeiten, die sich in andern Sinnesgebieten erheben, will ich hier nur kurz hinweisen. In der Haut müssten mindestens dreierlei Nerven, Druck-, Wärme- und Kältenerven, angenommen werden; in der Geruchs- und Geschmacksschleimhaut wären für die verschiedenen Sinneseindrücke wieder specifisch verschiedene Endgebilde mit zugehörigen Nervenfasern vorauszusetzen, wozu die anatomische Untersuchung schlechterdings noch gar keine Anhaltspunkte geboten hat.

Die Verhältnisse am Gehörorgan, die nach physiologischer und anatomischer Seite bis jetzt am klarsten dargelegt sind, geben die beste Lösung dieser Schwierigkeiten, in welche die Lehre von den specifischen Energieen verwickelt. Nehmen wir der jetzt herrschenden Vorstellung gemäss an, die Grundmembran sei in ihren verschiedenen Theilen auf die verschiedenen dem Ohr empfindbaren Töne abgestimmt, so lässt sich, wie oben schon angedeutet, die einfache Tonempfindung aus der unmittelbaren mechanischen Erregung der Nervenenden ableiten. Diese wird in analoger Weise wie bei der so genannten mechanischen Tetanisirung der Muskelnerven vor sich gehen, bei welcher die Muskeln durch schnell und in gleichen Intervallen auf einander folgende mechanische Stösse zu dauernder Zusammenziehung gebracht werden [2]). Wir können uns dann aber vorstellen, dass eine und dieselbe Nervenfaser, wenn sie successiv mit den verschiedenen Theilen der Grundmembran in Berührung gebracht würde, auch successiv verschiedene Tonempfindungen vermittelte, indem jeder momentanen Erregung ein einmaliger Reizungsvorgang, einer n-mal in der Zeiteinheit erfolgenden Erregung also ein n-maliger entspricht. Diese Annahme würde nur dann unhaltbar sein, wenn sich ergeben sollte, dass die Reizung im Nerven ein zu kurzer Vorgang ist, um auch den schnellsten Schwingungen, welche unser Ohr noch als Ton aufzufassen

---

[1]) Helmholtz a. a. O. S. 230. Ich habe mir erlaubt, statt der Abstimmung der Corti'schen Bogen oder der ihnen entsprechenden Theile der Grundmembran, wovon Helmholtz redet, die Grundempfindungen der Nervenfasern zu setzen, was in der Sache auf dasselbe hinauskommt, aber den Widerspruch der Hypothese mehr ins Licht setzt.

[2]) Vgl. mein Lehrb. der Physiologie, 3te Aufl. S. 506.

vermag, folgen zu können. In der That haben wir nun in Cap. VI gefunden, dass jede momentane Reizung eine sehr lange Zeit im Nerven nachdauert. Aber die Dauer der ganzen Reizungsperiode schliesst nicht aus, dass der Nerv periodischen Erregungen von viel kürzerer Dauer mit einem Auf- und Abwogen seiner eigenen Reizungswelle zu folgen vermag; hierfür ist nur erforderlich, dass die Maxima der einzelnen Reizungsperioden nicht völlig zusammenfliessen. In der That wird nun durch Beobachtungen am Muskel der Satz, dass der Reizungsvorgang im Nerven bei periodischer Reizung die gleiche Periode wie der äussere Reizungsvorgang einhält, in gewissem Umfang bestätigt. Reizt man nämlich den Muskelnerven durch periodische elektrische Stromstösse, so befindet sich der in Contraction gerathene Muskel in Schwingungen von gleicher Geschwindigkeit, welche sich durch einen leisen Ton zu erkennen geben[1]. Bei diesem Versuch setzt aber die Trägheit der Muskelsubstanz dem Umfang der Schwingungsperioden eine ziemlich enge Grenze. Im Nerven kann die Reizung mit ihren periodischen Ab- und Zunahmen jedenfalls in viel weiterem Umfange der periodischen Reizung folgen. Ein gewisses Maass der Vergleichung dürfte hier die Untersuchung der Veränderungen des Muskel- und Nervenstroms bieten. Die negative Schwankung, welche nach einer instantanen Reizung eintritt, dauert nach den Versuchen von J. Bernstein vom Moment der Reizung an gerechnet beim Nerven im Mittel 0,0005, beim Muskel 0,003 Secunden[2]. Sonach würde bei einer intermittirenden Reizung des Nerven von 2000 einzelnen Stössen in der Sec. jeder einzelne Reizungsvorgang vollständig ablaufen können, ehe ein neuer anfienge. Sollten dagegen nur die Maxima der einzelnen Reizungscurven noch von einander sich sondern, so würde, wie aus den von Bernstein gegebenen Ermittlungen zu schliessen ist, nahezu eine 10mal so schnell, also 20,000 mal in der Sec. erfolgende Reizung eben noch einen intermittirenden Reizungsvorgang nach sich ziehen. Diese Zahl fällt so ziemlich mit der Grenze zusammen, welche man für die höchsten noch wahrnehmbaren Töne gefunden hat. Hiernach scheint uns nichts der Annahme im Wege zu stehen, dass die Schallreizung nur eine besondere Form der intermittirenden Nervenreizung sei, und dass speciell die Tonempfindung auf einem regelmässig periodischen Verlauf der Reizungsvorgänge in den Acusticusfasern selber beruhe. Die Acusticusfasern sind aber nach unserer Ansicht nur desshalb die einzigen, die der Tonempfindung fähig sind, weil allein an den Enden des Hörnerven jene Vorrichtungen angebracht sind, die sich zur Unterhaltung regelmässig periodischer Reizungen eignen.

[1] Helmholtz, Monatsber. der Berliner Akademie. Mai 1864.

[2] Bernstein, Untersuchungen über den Erregungsvorgang S. 24. 64.

Was die übrigen Sinnesnerven betrifft, so scheint hier die grösste Wahrscheinlichkeit dafür obzuwalten, dass der Erregungsvorgang in ihnen kein periodischer und nicht einmal ein intermittirender sei. Hierfür spricht namentlich die bei denselben vorhandene Nachdauer der Empfindung, welche auf bleibende und allmälig sich ausgleichende Veränderungen durch die Reizung hindeutet. Man wird nämlich annehmen dürfen, dass, wo die Reizung eine Nachdauer hat, gegen welche die Länge der möglicher Weise anzunehmenden Reizungsperioden verschwindet, überhaupt der Reizungsvorgang keine intermittirende Form mehr besitzt, sondern, abgesehen von den etwa einwirkenden Ermüdungserscheinungen, während der ganzen Zeit gleichmässig andauert. Die Maxima der einzelnen Reizungscurven werden also zu einer der Abscissenaxe parallelen Geraden zusammenfliessen. Auch hierfür besitzen wir in den Erscheinungen der Muskelreizung eine Analogie: wenn wir nämlich den Muskel nicht durch intermittirende Reize sondern mittelst Durchleitung eines constanten Stromes durch den Muskel selbst in Contraction versetzen, so geräth er ebenso wie bei der raschen intermittirenden Reizung in dauernde Zusammenziehung, aber er befindet sich nicht wie bei dieser in tönenden Schwingungen, offenbar weil der constante Strom in Zeitmomenten, welche zu rasch auf einander folgen, als dass sie im Bewegungszustand des Muskels sich äussern könnten, Reizungsvorgänge auslöst [1]). In ähnlicher Weise bewirkt, so nehmen wir an, bei den chemischen Sinnen die Reizung Molecularvorgänge, die in jedem Moment in der gleichen Form sich wiederholen, so dass der Gesammtvorgang der Reizung fortwährend in gleicher Höhe andauert. Damit werden wir aber auch sogleich darauf hingewiesen, bei diesen Sinnen die Form der Erregung nicht in dem Verlauf der Reizung, sondern in der eigenthümlichen Form der elementareren Molecularbewegungen zu suchen. Es lassen sich nämlich zweierlei Arten denken, nach denen sich der Vorgang der Reizung im Nerven ändert. Entweder können die Molecularvorgänge in ihrer Beschaffenheit ungeändert bleiben, während die periodische Aufeinanderfolge ihrer Zu- und Abnahme wechselt: dies ist der Fall, den wir bei der Schallreizung voraussetzen. Oder es können die Unterschiede des Verlaufs verschwinden, während in der Natur der Molecularvorgänge je nach der Art der Reizung Veränderungen eintreten: dies ist der Fall, den wir bei den chemischen Sinnen vermuthen. Nichts steht dann aber im Wege anzunehmen, dass in beiden Fällen der Molecularvorgang in der ihm von Anfang an zukommenden Beschaffenheit durch die ganze Nervenfaser bis zum Gehirn sich fortpflanzt, so dass die schliesslich

---

[1]) Wundt, Lehre von der Muskelbewegung S. 121. Lehrb. der Physiologie, 3te Aufl. S. 509.

in den centralen Zellen ausgelösten Processe eben nur desshalb verschieden sind und als verschiedene Empfindungen zum Bewusstsein kommen, weil die Molecularvorgänge, die von den Nerven aus in ihnen anlangen, entweder in ihrem periodischen Verlauf, wie bei den Klangempfindungen, oder in ihrer sonstigen Natur, wie bei den Erregungsweisen der chemischen Sinne, sich unterscheiden. Dies ist, so weit ich sehen kann, der einzige Weg, auf welchem die Erfahrungen über die functionelle Scheidung der Organe mit dem Satz von der functionellen Indifferenz der Elementartheile in Einklang zu bringen ist. Eine specifische Function der einzelnen Nervenelemente existirt in der That nach unserer Hypothese nicht mehr, denn auch jener Wechsel in der Beschaffenheit der Molecularvorgänge ist nur durch die Art und Weise verursacht, wie die einzelnen Elemente unter einander und in den Sinnesorganen mit den äussern Reizen in Berührung gebracht werden.

Noch gibt es einen Punkt, den wir bisher nicht berührten, und der doch der Lehre von der specifischen Energie zur wesentlichsten Stütze gedient hat: dies ist die Erfahrung, dass die einzelnen Sinnesnerven jede Art der Reizung, nicht bloss die ihnen allein zugängliche, in der ihnen eigenen Qualität der Empfindung beantworten. Zur Erklärung dieser Thatsache können wir aber ein Princip benützen, das durch andere bereits früher erörterte Erfahrungen nahe gelegt wird. Dasselbe besteht in der ausserordentlichen Anpassungsfähigkeit der Nervensubstanz an die Reize. Wir sahen, dass neue Leitungswege innerhalb der Nervencentren sich ausbilden können, indem die Fähigkeit bestimmter Theile der Nervensubstanz, eine ihnen zugeleitete Erregung fortzupflanzen, in dem Maasse zunimmt, als dieser Vorgang öfter sich wiederholt hat[1]. Im wesentlichen dieselbe Anpassung müssen wir statuiren, wenn wir beobachten, dass centrale Elemente für andere, deren Leistung aufgehoben ist, in functioneller Aushülfe eintreten[2]. Dieselbe Erscheinung, die wir bei der Herstellung neuer Hauptbahnen und bei der Uebernahme neuer Functionen in Bezug auf den Reizungsvorgang im allgemeinen eintreten sehen, brauchen wir nun nur auf die besonderen Formen der Reizung auszudehnen, um jene Erfahrungen, welche die specifische Energie scheinbar direct bezeugen, alsbald begreiflich zu finden. Bei aller Uebereinstimmung in dem allgemeinen Verlauf der Reizung wechseln doch die besonderen Molecularvorgänge in den einzelnen Sinnesnerven nach der Natur der ihnen zugeführten Reize. Wo aber einmal in einer gewissen Nervenfaser Vorgänge bestimmter Art sich ausbilden, da werden auch die complexen Molecüle der Nervensubstanz eine Beschaffenheit annehmen, welche sie zu dieser bestimmten Form der Molecularbewegung vorzugsweise befähigt, so dass jede eintretende Erschütterung des Moleculargleichgewichts gerade diese Form der Bewegung hervorruft. Wie also, nach den Erscheinungen der stellvertretenden Function und gewissen Thatsachen der allgemeinen physiologischen Mechanik[3], zu schliessen, oft wiederholte Reizanstösse eine immer

[1] Vgl. S. 124.
[2] Vgl. S. 162.
[3] Vgl. Cap. VI, S. 262.

grössere Beweglichkeit der Moleeüle im allgemeinen begründen, so werden oft wiederholte Reizvorgänge von bestimmter Form eine Disposition zurücklassen, wonach überhaupt jede Reizung die nämliche Form einhält. Dieser specielle Satz ergibt sich aus dem allgemeinen von selbst, wenn wir uns jene Dispositionen, wie wir wohl nicht anders können, auf eine Veränderung des Gleichgewichtszustandes der complexen Molecüle zurückführen. Denn eine solche Veränderung wird immer darin bestehen müssen, dass das Moleculargleichgewicht nach einer bestimmten Richtung ein labiles geworden ist, und offenbar eben nach jener Richtung, in welcher regelmässig die mit der Reizung verbundene Gleichgewichtsstörung, welche die Disposition begründet, bestanden hat.

Schliesslich wollen wir nicht versäumen zu Gunsten der hier entwickelten Anschauung zwei Gründe anzuführen, die zwar der Erklärbarkeit der einzelnen Erfahrungen nichts hinzufügen, die aber für den allgemeinen Werth der Theorie von grosser Bedeutung zu sein scheinen. Indem die Lehre von der specifischen Energie jedem Sinnesnerven oder jedem centralen Element eine eigenthümliche Form der Empfindung zuschreibt, kann sie die empirisch feststehende Thatsache nicht erklären, wie es komme, dass doch eine gewisse Zeit hindurch die Function der einzelnen Sinnesorgane durch die ihnen adäquaten Reize unterhalten sein muss, wenn die eigenthümliche Form der Empfindung auch nach dem Verlust des Sinnesorgans fortbestehen soll. Blind- und Taubgeborenen mangelt absolut die Licht- und Klangempfindung, obgleich die Sinnesnerven und ihre centralen Endigungen vollkommen ausgebildet sein können, da Atrophie der Nervenelemente in Folge von Functionsmangel erst im postfötalen Leben sich einstellt [1], und es an einer Erregung der centralen Elemente durch die gewöhnlichen Formen automatischer centraler Reizung nicht fehlt. In der That erhalten sich bei vollständig Erblindeten und Tauben viele Jahre hindurch die Licht- und Klangempfindung in der Form von Träumen, Hallucinationen und Erinnerungsbildern [2]. Aber Bedingung hierzu ist immer, dass eine gewisse Zeit hindurch das peripherische Sinnesorgan functionirt habe. Nach unserer Hypothese erklärt sich diese Erfahrung unmittelbar aus der Anpassungsfähigkeit der Nervensubstanz, während die Lehre von der specifischen Energie dafür schlechterdings keine Erklärung weiss. Endlich muss die letztere Lehre annehmen, jedes Sinneselement bewahre seine eigenthümliche Function unverändert durch alle Zeiten der Entwicklung. Denn sollte sich etwa die eine Form der Function aus der andern hervorgebildet haben, so wäre sie eben keine specifische mehr. Sollten also die Fähigkeiten des Hörens, Sehens, überhaupt die höheren Sinnesverrichtungen irgend einmal im Thierreich entstanden sein, so wäre dies nur auf dem Weg einer vollständigen Neuschöpfung der betreffenden Nervenelement möglich, nie aber auf dem der Entwicklung aus niedereren Sinnesformen. Hierdurch setzt sich die Lehre von der specifischen Energie in directen Widerspruch mit der Annahme einer Entwicklung der organischen Wesen, während die Hypothese der Anpassung der Reizvorgänge an den Reiz nur als die besondere Form erscheint, welche die Entwicklungstheorie in Bezug auf die Entwicklung der Sinne nothwendig gewinnen muss. So dürfen wir denn ein

[1] Vgl. S. 27.

[2] Ich habe über diese Frage mit einem intelligenten, wissenschaftlich gebildeten Manne correspondirt, der, in seinem achten Lebensjahre total erblindet, jetzt etwa zwischen dreissig und vierzig steht. Derselbe versichert mich, dass seine Traum- und Erinnerungsbilder die volle Lebhaftigkeit ihrer Farben bewahrt haben.

aschauung, zu welcher von so verschiedenen Seiten her unabhängige Wege u führen scheinen, und aus welcher alle bekannten Erfahrungen sich ableiten ssen, wohl als hinreichend begründet ansehen, um sie einer andern vorzuziehen. ie mit der Mechanik der Nerven, der Physiologie der Sinne und der allgemeinen Intwicklungsgeschichte gleich unvereinbar ist, und von der in der That schwer väre einzusehen, wie sie so lange ihre Herrschaft behaupten konnte, wäre ie nicht durch die in der Naturwissenschaft gegenwärtig herrschende speculative lichtung begünstigt worden. Die philosophische Grundlage der heutigen Naturvissenschaften überhaupt und ganz besonders der Sinneslehre ruht auf KANT. he Lehre von den specifischen Energieen ist ein physiologischer Reflex des KANT'schen Versuchs, die subjectiven Bedingungen der Erkenntniss zu ermitteln, wie dies bei dem hervorragendsten Vertreter jener Lehre, bei J. MÜLLER, besonders deutlich hervortritt[1]. Doch kann man diesen Zusammenhang mit der KANT'schen Lehre keineswegs als einen nothwendigen anerkennen. Die Einsicht in die rein subjective Natur der Empfindung liess allen möglichen Anschauungen über die physiologische Grundlage derselben Raum, und in der Annahme, dass die Empfindung selbst eine specifische Energie der Sinnesnerven sei, hatte der KANT'sche Satz von der Subjectivität der Sinnesanschauungen im Grunde ein materialistisches Gewand angezogen, welches demselben ursprünglich durchaus nicht angepasst war. Uebrigens lässt sich nicht leugnen, dass sich die allgemeineren physiologischen Erfahrungen über die Sinne mit der Lehre von der specifischen Energie in Einklang bringen liessen. Erst die speciellen Gestaltungen, die man ihr hat geben müssen, um die neueren Erfahrungen im Gebiet des Gesichts- und Gehörssinns mit ihr zu vereinbaren, haben die oben aufgezeigten Widersprüche dargelegt, zu deren Beseitigung von einer andern Seite die in der allgemeinen Nervenphysiologie gewonnenen Anschauungen hindrängen. Doch ist es selbstverständlich, dass die allgemeine Frage über den Zusammenhang der äusseren Reizform mit der Empfindung durch diese Aenderung des theoretischen Standpunktes nicht berührt wird. Die Empfindung ist zwar, dies lässt sich nicht verkennen, dem äusseren Reiz gewissermassen näher gerückt, sie steht nicht mehr als eine unbegriffene Energie bestimmter Nervengebiete dem Reiz völlig unabhängig, unberührt von der besondern Beschaffenheit desselben, gegenüber, sondern sie richtet sich wesentlich nach der letzteren, indem die Qualität der Empfindung ursprünglich nur aus der Einwirkung einer bestimmten Reizform auf die Nervensubstanz hervorgeht. Aber trotzdem wird die Empfindung nicht mit dem äusseren Reiz identisch, sondern sie bleibt die rein subjective Form, in der unser Bewusstsein auf bestimmte Nervenprocesse reagirt. Der wesentliche Unterschied von der Hypothese der specifischen Energie besteht darin, dass diese die Empfindung lediglich von den Theilen bestimmt sein liess, in welchen der Reizungsvorgang ablief, während wir in der Form dieses Vorgangs den nächsten Grund für die Form der Empfindung erkennen. Es braucht aber kaum darauf hingewiesen zu werden, dass diese Anschauung auch die psychologisch begreiflichere ist. Wir können uns sehr wohl vorstellen, dass unser Bewusstsein qualitativ bestimmt ist durch die Beschaffenheit der Processe, welche in den Organen, die seine Träger sind, ablaufen; es wird uns aber schwer zu denken, wie dieses qualitative Sein nur mit den örtlichen

[1] J. MÜLLER, Handbuch der Physiologie II, S. 249 f. Zur vergleichenden Physiologie des Gesichtssinns S. 39.

Verschiedenheiten jener Processe veränderlich sein soll. Man müsste mindestens neben den örtlichen noch andere innere Verschiedenheiten annehmen. Dann ist man aber von selbst bei unserer Anschauung angelangt, denn dass nebenbei die einzelnen Provinzen des Nervensystems in die verschiedenen Functionen sich theilen, leugnen wir keineswegs. Nur haben diese örtlichen Verschiedenheiten für unser Bewusstsein, das sich den Raum und alle räumlichen Beziehungen erst construiren muss, schwerlich einen ursprünglichen Werth und am allerwenigsten einen solchen, der sich in rein qualitativen Bestimmungen ausdrückt.

Wir haben die Sinnesorgane in zwei Hauptclassen zu trennen vermocht. Bei der ersten pflanzt sich die äussere Reizbewegung höchst wahrscheinlich in der ihr eigenthümlichen Form auf die Nervensubstanz fort und erregt hier einen Vorgang, der in seinem allgemeinen Verlauf dem Verlauf der Reizbewegung entspricht: hierher gehören Tast- und Gehörorgan. Bei der zweiten regt die äussere Reizbewegung einen Nervenprocess an, der nach Form und Verlauf von ihr verschieden ist, aber doch innerhalb weiter Grenzen sich mit der Variation des äusseren Reizes verändert: hierher rechnen wir die Organe des Gesichts-, des Geruchs- und Geschmackssinns. Aus der ersten Classe wollen wir die Gehörempfindungen, aus der zweiten die Gesichtsempfindungen einer eingehenderen Betrachtung unterziehen. Hinsichtlich der übrigen Sinne, die in jeder Beziehung noch weniger untersucht sind, mögen die obigen allgemeinen Bemerkungen genügen[1].

Die periodischen Bewegungen der Luft, welche sich im Gehörorgan in Reizbewegungen umsetzen, nennen wir im allgemeinen Schall. Wie alle periodischen Bewegungen, so können auch diese in regelmässigen oder in unregelmässigen Perioden vor sich gehen. Bei der regelmässig periodischen Schallbewegung befindet sich die Luft in Schwingungen, deren während einer gegebenen Zeit immer gleich viele von gleicher Form auf einander folgen; bei der unregelmässig periodischen Schallbewegung können die einzelnen Schwingungen in Dauer und Form beliebig verschieden sein. Man kann sich nun aber alle, auch die unregelmässig periodischen Schwingungen der Luft aus regelmässig periodischen zusammengesetzt denken. Dies lässt sich am leichtesten durch unmittelbare Zusammenfügung einer Anzahl regelmässig periodischer Wellenzüge zeigen, welche beliebig neben einander herlaufen. Sind die Excursionen der oscillirenden Lufttheilchen nicht zu gross, was bei den Schallschwingungen im allgemeinen vorausgesetzt werden darf, so erhält man die resultirende Bewegung, die aus

[1] Hinsichtlich des Gefühlssinns verweise ich überdies auf die Besprechung der Tastvorstellungen in Cap. XII.

der Interferenz mehrerer Schwingungen hervorgeht, wenn man die Excursionen, welche die einzelnen Wellenzüge für sich zu Stande bringen würden, einfach addirt. Auf diese Weise ist in Fig. 84 durch Addition der punktirten und der unterbrochenen Curve die ausgezogene Wellenlinie

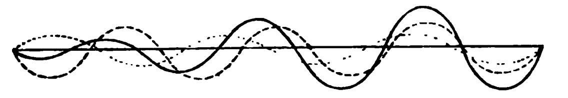


Fig. 84.

erhalten worden: die letztere hat eine unregelmässig periodische Form, während jede der beiden ersten eine regelmässig periodische Bewegung darstellt. Da der Schall in der Form rasch auf einander folgender Verdichtungen und Verdünnungen durch die Luft fortschreitet, so ist die so gewonnene Construction natürlich nur ein Bild: man hat sich an Stelle der Wellenberge verdichtete, an Stelle der Wellenthäler verdünnte Schichten der Luft vorzustellen und überdies zu erwägen, dass jede solche Verdichtungs- und Verdünnungswelle nicht in einer Richtung sondern nach allen möglichen Richtungen, also in Form einer Kugelwelle sich fortpflanzt, d. h. so dass die einzelnen Verdichtungen und Verdünnungen in concentrischen Kugelschalen auf einander folgen. Da nun durch Addition verschiedenartiger regelmässig periodischer Schallwellenzüge, die sich, wie in Fig. 84, beliebig durchkreuzen, alle möglichen unregelmässig periodischen Wellenformen zu erhalten sind, so ist klar, dass auch umgekehrt jede beliebige unregelmässig periodische Welle in eine Anzahl regelmässig periodischer muss aufgelöst werden können. Diese Zerlegung, die scheinbar bloss eine mathematische Fiction ist, hat in der Natur der periodischen Bewegungen ihre gute Begründung. Jedes Massetheilchen, dessen Gleichgewicht durch eine momentane Erschütterung gestört wird, muss nämlich in regelmässigen Perioden um seine ursprüngliche Gleichgewichtslage schwingen. Denken wir uns nun viele solche Erschütterungen in beliebiger Richtung auf einander folgen, so wird die resultirende Bewegung natürlich keine regelmässige mehr sein können, aber sie wird sich immer in eine Anzahl regelmässig oscillirender Bewegungen auflösen lassen, weil sich eben die ganze Reihe unregelmässig auf einander folgender Anstösse aus einzelnen zusammensetzt, deren jeder regelmässig periodische Oscillationen verursachen würde.

Wirken regelmässig periodische Schallschwingungen auf unser Ohr ein, so erzeugen dieselben eine Empfindung, die wir als Klang bezeichnen, wogegen wir die durch eine unregelmässig periodische Luftbewegung hervorgerufene Empfindung Geräusch nennen. Der Klang ist eine stetige, das Geräusch eine unstetige, unregelmässig wechselnde Empfin-

dung. Die Empfindung ist also schon in dieser Beziehung ein treues Abbild der äussern Reizform.

Alle regelmässig periodischen Bewegungen können ferner in solche zerlegt werden, welche dem e i n f a c h s t e n Gesetz regelmässig periodischer Schwingungen, dem Gesetz u n e n d l i c h k l e i n e r P e n d e l s c h w i n g u n g e n folgen. Das Pendel bewegt sich fortwährend um eine und dieselbe Gleichgewichtslage. Denken wir uns nun, ein Punkt schwinge nach dem Gesetz des Pendels hin und her, derselbe werde aber ausserdem vorwärts bewegt, so dass seine Gleichgewichtslage fortschreitet, so beschreibt der Punkt eine einfache oder pendelartige Schwingungscurve, deren Entstehung man sich auch in folgender Weise versinnlichen kann. Man denke sich einen Punkt in der um *c* (Fig. 85) beschriebenen Kreislinie mit gleichförmiger Geschwindigkeit bewegt und einen Beobachter bei *h* aufgestellt, der den Kreis nur von der Kante, nicht von der Fläche aus sehen kann. Es wird dann diesem Beobachter der in der Kreislinie umlaufende Punkt so erscheinen, als ob er nur längs des Durchmessers *a b* auf- und abstiege: seine Bewegung wird aber dabei genau das Gesetz des Pendels innehalten [1]). Um eine fort-

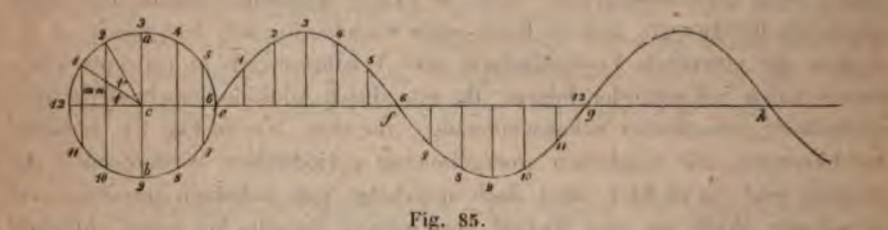


Fig. 85.

schreitende pendelartige Schwingung darzustellen, theile man den einer ganzen Wellenlänge entsprechenden Raum *e g* in ebenso viele gleiche Theile wie die Peripherie des Kreises (hier in 12), und mache die Lothe auf den Theilpunkten der Linie *e g* der Reihe nach gleich denen, die in dem Kreis von den entsprechenden Theilpunkten 1, 2, 3 u. s. w. gefällt sind: die Curve *e f g*, welche diese Lothe verbindet, ist dann eine einfache, pendelartige Schwingungscurve.

Jede periodische Schwingungsform lässt sich aus einer bestimmten Anzahl einfacher Schwingungscurven von der hier dargestellten Form zusammensetzen. Aber damit die resultirende Schwingungsform eine r e g e l-

[1]) Zieht man von *c* aus Radien nach den Punkten 1, 2 u. s. w., so entsprechen die Winkel t, t' den verflossenen Zeiträumen, und es ist, wenn man mit r den Radius des um *c* beschriebenen Kreises bezeichnet, $m = r.\ \sin.\ t$, $n = r.\ \sin.\ (t + t')$ u. s. w., d. h. die Entfernung der Punkte 1, 2 u. s. w. von der Gleichgewichtslage ist proportional dem Sinus der verflossenen Zeit. Wegen dieser mathematischen Beziehung werden die pendelartigen Schwingungen auch S i n u s s c h w i n g u n g e n genannt.

mässig periodische sei, müssen die Wellenlängen der einfachen Schwingungen, welche addirt werden, in einem einfachen Verhältnisse stehen. Setzen wir die Wellenlänge der langsamsten Schwingungen = 1, so müssen also die Wellenlängen der schnelleren Schwingungen, die mit ihr addirt werden, = $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{3}$, $\frac{1}{4}$ u. s. w. sein. Im entgegengesetzten Fall wird die Schwingungsform eine unregelmässig periodische wie in Fig. 84. Es lässt sich leicht durch Construction zeigen, dass man auf diese Weise die verschiedenartigsten regelmässig periodischen Schwingungsformen aus einfach pendelartigen zusammensetzen kann, falls man nur die Höhe der einzelnen Theilschwingungen wechseln lässt, und je nachdem z. B. die geradzahligen oder die ungeradzahligen Schwingungen überwiegen oder auch ganz wegfallen. Die Periode der ganzen Schwingungsform bestimmt sich dabei stets nach derjenigen Theilschwingung, welche die grösste Wellenlänge besitzt. So sind in Fig. 86 verschiedene Schwingungsformen von gleicher Wellenlänge abgebildet. Die ausgezogenen Curven stellen die resultirenden Schwingungsformen, die unterbrochenen die einfach pendelartigen Schwingungen, aus denen jene zusammengesetzt sind, dar. Die Form *A* ist eine der häufigsten: sie wird erhalten, wenn ein Ton mit einem etwas schwächeren von der doppelten Schwingungszahl sich verbindet. Auch die Form *B* ist nicht selten: sie entspricht solchen Klängen, bei denen jeder Ton mit einem

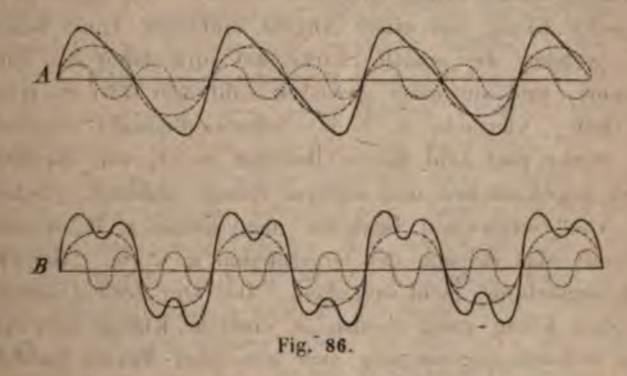


Fig. 86.

schwächeren von der dreifachen Schwingungszahl vereinigt ist. Da auf diese Weise alle möglichen regelmässig periodischen Schwingungsformen durch Addition aus einfach pendelartigen Schwingungen erhalten werden können, so ist klar, dass auch umgekehrt jede beliebige regelmässig periodische Schwingungform in einfach pendelartige zerlegbar sein muss. Diese Zerlegung ist ebenfalls keine blosse Fiction sondern in der Natur begründet. Jedes Theilchen, dessen Gleichgewicht erschüttert wird, vibrirt nämlich, vorausgesetzt, dass seine Bewegungen nicht gestört werden und die Schwingungsamplitude sehr klein bleibt, in einfach pendelartigen Schwingun-

gen. Werden nun viele Theilchen gleichzeitig oder successiv in vibrirende Bewegungen versetzt, so können natürlich durch Addition ihrer Bewegungen die Schwingungen eine verwickeltere Form annehmen, auch wenn sie regelmässig periodisch bleiben, aber sie müssen doch immer in die einfach pendelartigen Schwingungen sich auflösen lassen, aus denen sie ursprünglich hervorgegangen sind.

Der pendelartigen Bewegung der Lufttheilchen entspricht eine Klangempfindung, welche sich durch ihre Einfachheit auszeichnet: wir nennen dieselbe einen einfachen Klang oder einen Ton. In einem gewöhnlichen zusammengesetzten Klang, der auf einer regelmässig periodischen, aber zusammengesetzten Luftbewegung beruht, lassen sich in der Regel mehrere neben einander klingende Töne deutlich unterscheiden: unter ihnen zeichnet der tiefste stets durch grössere Stärke sich aus, nach ihm, dem Grundton, wird daher auch die Tonhöhe des Klangs bestimmt. Erleichtert wird diese Klanganalyse durch Resonatoren, welche man vor das Ohr hält, abgestimmte Röhren oder Hohlkugeln, deren Luftsäulen vorzugsweise durch diejenigen Schwingungen in Bewegung gesetzt werden, die ihrem Eigenton entsprechen[1]. Mittelst eines Resonators, der auf einen Theilton des zu analysirenden Klangs abgestimmt ist, kann man daher diesen Theilton auch dann noch wahrnehmen, wenn er wegen seiner geringen Stärke der unmittelbaren Beobachtung entgehen würde. Auf diese Weise ergibt sich, dass jeder Klang aus einer Anzahl einfacher Töne besteht, dem Grundton, welcher die grösste Stärke hat und daher die Tonhöhe des Klangs bestimmt, und aus einer gewissen Zahl von Obertönen, denen die zwei-, drei-, vierfache u. s. w. Schwingungszahl entspricht. Die verschiedene Stärke und Zahl dieser Obertöne ist es, von der die Klangfärbung der musikalischen und anderer Klänge abhängt. Ueberdies sind viele Klänge von Geräuschen begleitet (man denke z. B. an das Kratzen der Violinbogen, das Zischen der Orgelpfeifen u. s. w.), die aber in die eigentliche Klangfärbung nicht eingehen. Das Ohr zerlegt somit den zusammengesetzten Klang ganz ebenso in einfache Klänge oder Töne, wie der objective Schwingungsvorgang sich aus einer Anzahl einfach pendelartiger Schwingungen zusammensetzt. Die stärkste dieser pendelartigen Schwingungen empfindet das Ohr als den Grundton des Klangs, die schwächeren als die Obertöne. Dieselbe Analyse erstreckt sich bis zu einem gewissen Grade auch auf die Geräusche. In den meisten Geräuschen vermögen wir deutlich einzelne Klänge zu unterscheiden. Diese Unterscheidung wird aber theils durch die grosse Zahl der ein Geräusch zusammensetzenden Klänge theils durch den unregelmässigen Wechsel derselben gestört,

[1] Helmholtz, Lehre von den Tonempfindungen, 3te Aufl. S. 72 f.

indem auch in einem länger dauernden Geräusche der einzelne Klang oft nur von kurzer Dauer ist. Die Zerlegung der Geräusche findet also augenscheinlich eine Grenze nicht sowohl an den Empfindungen als an der Enge unseres Bewusstseins, indem das letztere eine grosse Zahl neben einander herlaufender und unregelmässig wechselnder Empfindungen nicht mehr hinreichend deutlich zu trennen vermag[1].

Unsere Gehörempfindungen folgen so in jeder Beziehung treu dem Verlauf der äusseren Reizbewegung: die gleichmässig andauernde Schwingungsbewegung empfinden wir als stetigen Klang, die unregelmässig wechselnde als unstetiges Geräusch. Die regelmässig periodische Schwingungsbewegung, den Klang, zerlegen wir in die pendelartigen einfachen Schwingungen, die Töne, aus denen er besteht, und bis zu einem gewissen Grade, insoweit nämlich nicht die Enge des Bewusstseins eine Schranke bietet, sogar die unregelmässig periodische Bewegung, das Geräusch, in regelmässig periodische Schwingungen, Klänge. Man könnte denken, und hat dies in der That zuweilen geglaubt, diese Analyse entspreche in einem gewissen Sinne zwar der Zergliederung, wie sie mathematisch ausgeführt werden kann, nicht aber einer in der Natur vorhandenen Scheidung. Denn hier existiren nur die zusammengesetzten Schwingungsbahnen der Theilchen, nicht die einzelnen pendelartigen Schwingungen. Dennoch sind die letzteren in der zusammengesetzten Bewegung insofern enthalten, als diese wirklich aus Anstössen hervorgeht, von denen jeder einzelne eine einfach pendelartige Schwingung erzeugen würde. Das Ohr analysirt hier allerdings vollkommener als das Auge, welches, z. B. bei Beobachtung einer Wasserwelle, von einer solchen Addition der Schwingungen nichts wahrnimmt, aber es legt nichts in den objectiven Vorgang hinein, was nicht in diesem selbst schon enthalten wäre. Jene Analyse, die sich in der Empfindung vollzieht, bedeutet also: diese setzt den Reizungsvorgang aus Elementen zusammen, welche den Elementen des objectiven Reizes genau correspondiren. Nur in einer Beziehung bleibt die Empfindung hinter dem äussern Vorgang zurück: der regelmässig periodischen Schwingung folgt sie als eine stetige, nicht als eine auf- und abwogende Qualität, ausgenommen bei den tiefsten musikalischen Tönen, bei denen wir die einzelnen Schwingungen noch unterscheiden können. Auch diese Unvollkommenheit ist wahrscheinlich in der Natur unseres Bewusstseins begründet, welchem in der Auffassung zeitlicher Verhältnisse ziemlich enge Schranken gesetzt sind.

Den Charakter von einfachen Klängen oder von Tönen im physiologischen Sinne haben nur wenige der auf musikalischem Wege erzeug-

[1] Vgl. Cap. XIX.

baren Klänge in mehr oder minder vollständigem Grade, und selbst bei solchen Klängen, welche, wie die der Stimmgabeln oder der Labialpfeifen der Orgel, objectiv ziemlich genau einfach pendelartigen Schwingungen entsprechen, führt die Structur des Gehörorgans Bedingungen mit sich, welche bewirken, dass die zu den Enden des Hörnerven gelangenden Schwingungen nicht mehr vollkommen einfach sondern mit schwachen Schwingungen, die Obertönen des angegebenen Grundtons entsprechen, gemischt sind [1]). Wir empfinden also wahrscheinlich niemals Töne ganz frei von Klangfarbe, und der einfache Ton ist in diesem Sinne nur ein Gegenstand der Abstraction, dem aber allerdings gewisse Klänge in hohem Grade sich nähern. Die meisten Klänge jedoch besitzen schon vermöge ihrer objectiven Entstehungsweise eine entschiedene Klangfarbe, d. h. es ist in ihnen ein Grundton mit schwächeren Obertönen von der 2-, 3-, 4-fachen Schwingungszahl u. s. w. gemischt. Durch die geringe Stärke dieser Obertöne unterscheiden sich die Klänge von solchen Zusammenklängen, welche durch gleichzeitige Erzeugung mehrerer Klänge entstehen, und deren einzelne Bestandtheile völlig oder nahezu die gleiche Stärke besitzen. Da wir übrigens in der Empfindung den Klang in seine Theiltöne zerlegen können, so besteht keine scharfe Grenze zwischen dem zusammengesetzten Klang und dem Zusammenklang. Der Umstand jedoch, dass die Obertöne eines Klangs eine bedeutendere Höhe im Verhältniss zum Grundton besitzen als die meisten Theilklänge eines Accords, und dass sie von viel geringerer Stärke sind, unterscheidet in der Regel beide hinreichend scharf von einander. Den Klang empfinden wir in der Regel noch als *eine* Qualität, und erst bei grosser Aufmerksamkeit und Uebung erkennen wir die zusammengesetzte Natur desselben. Die Klangqualität ist in den mittleren Tonhöhen und Klangstärken im allgemeinen am deutlichsten ausgeprägt. Bei den tiefsten Tönen wird der Grundton zu schwach im Verhältniss zu den Obertönen, bei den höchsten überschreiten die letzteren die Grenzen der Wahrnehmbarkeit. Wird ferner ein Klang schwach angegeben, so verschwinden die die Klangfärbung bestimmenden Obertöne theilweise; bei sehr starken Klängen dagegen werden dieselben so stark, dass die für die Klangfärbung charakteristischen Unterschiede meistens undeutlicher sind. Je höhere Obertöne einen Klang begleiten, um so geringer werden die relativen Unterschiede ihrer Schwingungszahlen. Bei Klängen, welche hohe und starke Obertöne enthalten, werden daher ähnliche Erscheinungen wie beim Zusammenklingen nahe bei einander liegender Grundtöne beobachtet: es entstehen scharfe Dissonanzen der Obertöne, welche, wie bei der Trom-

[1]) Helmholtz, Tonempfindungen. 3te Aufl., S. 259. Einige hiermit zusammenhangende Erscheinungen sind von J. J. Müller erörtert. (Berichte der Leipziger Ges. der W. 1872, S. 117 f.)

pete und andern Blechinstrumenten, eine schmetternde Klangfarbe hervorbringen. Andere Unterschiede des Klangs entstehen je nach dem Ueberwiegen der gerad- oder ungeradzahligen Obertöne. Solche Klänge, die bloss aus geradzahligen Partialtönen mit den Schwingungsverhältnissen 2, 4, 6 u. s. w., oder bloss aus ungeradzahligen Partialtönen 1, 3, 5, 7 u. s. w. bestehen, zeigen im Vergleich mit jenen, welche die ganze Reihe der Obertöne 2, 3, 4, 5, 6 enthalten, eine eigenthümlich mangelhafte Beschaffenheit der Klangfärbung, die jedoch zu bestimmten Zwecken ästhetischer Wirkung Anwendung finden kann[1].

Unsere Tonempfindung hat eine untere und eine obere Grenze. Sehr langsame Schwingungen empfindet das Ohr noch als einzelne Luftstösse, aber nicht mehr als Ton, sehr schnelle bilden ein continuirliches zischendes Geräusch. In beiden Fällen hört also nicht die Gehörempfindung überhaupt auf, sondern sie verliert nur ihren Charakter als Klang. Die Bestimmung der Schwingungszahlen, bei welchen dies eintritt, hat Schwierigkeiten, die theils experimentaler Natur sind, theils in der Beschaffenheit unserer Empfindung liegen. Offenbar handelt es sich nämlich hier nicht um scharfe Grenzen, und die tiefsten Töne verlieren namentlich dann ihren Charakter, wenn die Schallschwingungen nicht die hinreichende Stärke besitzen. So beruht die Angabe, dass die untere Tongrenze erst bei den musikalisch einigermassen verwendbaren Tönen von 28—30 Schwingungen liege, zweifellos auf der Anwendung allzu schwacher Klangquellen. Anderseits ist, sobald man nicht einfache Klänge untersucht, eine Verwechselung mit Obertönen möglich, welche letzteren bei diesen tiefen Tönen eine verhältnissmässig grosse Stärke erreichen. Durch die in den unteren Regionen sehr mangelhafte Unterscheidung der Tonhöhe wird diese Verwechselung leicht möglich. Nach eigenen Beobachtungen glaube ich die untere Grenze der Tonempfindung als eine ziemlich variable ansehen zu müssen, welche namentlich von der Stärke der Schwingungen abhängt und daher unter Umständen die Schwingungszahl 30 in der Secunde noch überschreitet, bei bedeutender Tonstärke aber leicht erheblich unter diese Grenze gebracht werden kann.

Savart, der zuerst die kleinste noch als Ton zu empfindende Schwingungszahl auf 8 in der Sec. angab, bediente sich einer Vorrichtung, welche sehr starke Obertöne hervorbringen musste, nämlich eines Eisenstabs, der, um eine

[1] Beispiele von Klängen mit ungeradzahligen Obertönen bieten die Clarinette und Bratsche mit ihrer naselnden Klangfärbung; bloss geradzahlige Obertöne enthalten die Klänge der Saiten, wenn sie in einem Dritttheil ihrer Länge gezupft oder gestrichen werden. Vgl. Cap. X.

horizontale Axe rotirend, durch eine Brettspalte fuhr und dabei die Ränder des Brettes berührte[1]. Auch bei den tiefen Zungenpfeifen, die in neuerer Zeit Wolf und Appunn zum gleichen Zweck anwandten[2], sowie bei der Sirene, sind die Obertöne viel zu mächtig; sie übertäuben den schwachen Grundton, wenn ein solcher vorhanden sein sollte. Helmholtz hat daher theils mittelst grosser König'scher Stimmgabeln theils mittelst Klaviersaiten, die in ihrer Mitte beschwert waren, möglichst einfache Töne zu erzeugen gesucht[3]. Diese Methode hat aber den andern Nachtheil, dass die Luftstösse sehr schwach werden. Ich habe desshalb die ebenfalls sehr starken Combinationstöne[4] benützt, welche zwei grosse gedackte Labialpfeifen bei starkem Anblasen durch einen kräftigen Blasebalg gaben. Stimmt man z. B. die eine dieser Pfeifen auf den Ton $C = 64$, die andere auf $D = 72$ Schwingungen, so entsteht beim gleichzeitigen Anblasen beider ein Differenzton C_3 von 8 Schwingungen in der Sec., die man sehr deutlich als einzelne Luftstösse wahrnimmt. Verkürzt man die Länge des schwingenden Theils der einen Pfeife, so wird der Combinationston höher und allmälig stärker. Bei dem C_1 von 32 Schwingungen beginnt er zugleich stetig zu werden und endlich einen mehr musikalischen Charakter anzunehmen. Aber ich kann nicht zugeben, dass man demselben erst von dieser Grenze an eine Tonhöhe beilegt. Die verschiedensten Individuen, musikalisch gebildete und andere, haben mir einen Combinationston von 8 bis 16 Schwingungen im Vergleich mit dem tieferen der primären Töne als den noch tieferen Ton bezeichnet. Darnach scheint es mir zweifellos, dass bei geeigneter Stärke der Schwingungen die Tongrenze weit unter die Zahl von 30 herabgehen kann, wenn auch diese tiefsten Töne nur unvollkommen und erst im Zusammenklingen mit anderen Tönen ein gewisses Maass ihrer Tonhöhe zulassen. Dies scheint denn auch die Praxis des Orgelspiels zu bestätigen, in der man sich solch' tiefer Töne in grösseren Zusammenklängen bisweilen bedient[5].

Zwischen den angegebenen Grenzen stuft sich nun unsere Tonempfindung ab nach dem in der musikalischen Scala niedergelegten Gesetze. Wir bringen die Tonempfindungen in eine stetige Reihe, innerhalb deren wir die Stelle jeder einzelnen Empfindung als Höhe des Tons bezeichnen. Die Tonhöhen stehen aber zu den objectiven Schwingungszahlen der Töne

---

[1] Savart, ann. chim. et phys. t. XLIV. p. 337.

[2] Wolf, Sprache und Ohr. Braunschweig 1871. S. 246.

[3] Helmholtz, Tonempfindungen. 3te Aufl. S. 279.

[4] Ueber die Combinationstöne und ihre Entstehungsweise vergl. unten.

[5] Ich folge hier und weiterhin der jetzt gebräuchlichsten Bezeichnung der Tonhöhen, nach welcher c das c der ungestrichenen Octave von 128, C die tiefere Octave von 64 Schwingungen bedeutet: die höheren Octaven von C an, die ein-, zwei- und mehrgestrichenen, werden durch oben beigefügte Striche c', c'' u. s. w., die tieferen von C an durch unten beigefügte Ziffern, C_1, C_2 u. s. w. bezeichnet. An den meisten Orgeln ist die Contraoctave C_1 die tiefste, grössere Werke reichen bis zum Subcontra-C_2 von 16 Schwingungen. Als Combinationstöne können aber noch tiefere Töne hervorgebracht werden. So gibt z. B. der Ton C_2 mit seiner Quinte G_2 den Differenzton C_3 von 8 Schwingungen. In der That hört man, wenn die tiefsten Töne der Orgel benutzt werden, immer diese ganz tiefen Combinationstöne mit, wobei zugleich, wenn die Pfeifen nahe bei einander stehen, die primären Töne durch Interferenz fast vollständig ausgelöscht werden.

in der constanten Beziehung, dass gleiche absolute Unterschiede der Tonhöhe gleichen relativen Unterschieden der Schwingungszahlen entsprechen. Damit die Tonhöhe um dieselben absoluten Grössen zu- oder abnehme, muss also die Schwingungszahl im selben Verhältnisse vermehrt oder vermindert werden. Die musikalische Scala entnimmt der stetig abgestuften Reihe der Tonempfindungen bestimmte Stufen: sie substituirt auf diese Weise dem stetigen Continuum der Tonhöhen ein discretes, indem sie die Uebergänge zwischen den einzelnen von ihr ausgewählten Tonstufen überspringt. Die Auswahl der Tonstufen wird zunächst durch Regeln bestimmt, welche auf die später (in Cap. XIII zu erörternden Gesetze der Klangverwandtschaft gegründet sind. Aber das Gesetz der Beziehung zwischen Tonhöhe und Schwingungszahl kommt in der musikalischen Scala darin zum Ausdruck, dass gleichen Tonstufen überall gleiche Verhältnisse der Schwingungszahlen entsprechen. So ist in der ganzen musikalischen Scala das Verhältniss der Schwingungszahlen

für die Octave	1 : 2,	für die Quarte	3 : 4,
für die Duodecime	1 : 3,	für die Sexte	3 : 5,
für die Quinte	2 : 3,	für die grosse Terz	4 : 5,
		für die kleine Terz	5 : 6.

Diese Verhältnisse bleiben ungeändert, wie auch die absoluten Schwingungszahlen sich ändern mögen. Wir sind im Stande sehr genau und ohne viele Vorbereitung die Intervalle der Tonhöhe wiederzuerkennen, während grosse Uebung nöthig ist, um die absolute Tonhöhe zu bestimmen. Letzteres bedarf stets einer genauen, durch häufige Wiederholung der Toneindrücke geleiteten Wiedererinnerung, während die Gleichheit oder der Unterschied zweier Tonintervalle, selbst wenn dieselben verschiedenen Höhen der musikalischen Scala angehören, unmittelbar in der Empfindung sich ausprägt. Aus demselben Grunde kann die absolute Stimmung eines musikalischen Instrumentes beträchtlich variiren, ohne dass wir dies wahrnehmen, während wir geringe Abweichungen von jenen regelmässigen Intervallen sogleich empfinden. Hieraus ist zu schliessen, dass wir nur die Verhältnisse der Schwingungszahlen, nicht aber ihre absoluten Unterschiede unmittelbar empfinden, und dass gleichen Verhältnissen der Schwingungszahlen gleiche absolute Unterschiede der Empfindung correspondiren. Dieses Gesetz stimmt in seiner Form ganz und gar überein mit demjenigen, welches für die Beziehung zwischen der Intensität der Empfindung und der Stärke des Reizes gefunden wurde; wir haben nur in demselben statt der Reizstärke die Schwingungszahl zu setzen. Stellen wir uns demnach die Tonreihe als eine gerade Linie vor, auf der gleiche Abschnitte gleichen Zunahmen der Tonhöhe entsprechen, und errichten wir darauf Ordinaten, die den zugehörigen Schwingungszahlen gleich gemacht sind, so ist die Curve,

welche die Gipfelpunkte der Ordinaten verbindet, wieder eine logarithmische Linie. Wird mit H die Tonhöhe, mit S die Schwingungszahl des gegebenen Tons und mit b diejenige des tiefsten Tons der Tonreihe, mit K aber eine Constante bezeichnet, so ist

$$H = K \,.\, log.\ nat.\ \frac{S}{b}.$$

Nach dem früher (S. 305) festgestellten Sinn der Maassformel bedeutet hier b den Schwellenwerth des Reizes, d. h. die Schwingungszahl, bei welcher die Tonempfindung beginnt. Man kann aber dafür auch diejenige Schwingungszahl wählen, bei der man die Tonreihe willkürlich beginnen lässt: es nimmt dann mit Veränderungen des Werthes von b nur die Constante K andere Werthe an[1]).

Es ist bemerkenswerth, dass in diesem Fall das Gesetz der logarithmischen Function nicht aus der Bestimmung von Grenzwerthen der Empfindung oder eben merklichen Unterschieden abstrahirt, sondern dass es unmittelbar der Vergleichung endlicher Empfindungswerthe entnommen ist. Dies beweist, dass das Empfindungsmaass für die Tonhöhen weit ausgebildeter ist als dasjenige für die Empfindungsstärken überhaupt, eine Thatsache, die wahrscheinlich in der weit reicheren Abstufung der Tonhöhen und, was damit wohl zusammenhängt, in der vollkommneren Erziehung des menschlichen Gehörorgans für die Auffassung derselben begründet ist.

Die Ordnung der Töne nach dem Gesetz der Tonscala ist ein Product der unmittelbaren Auffassung der Tonverhältnisse; sie kann nicht erst durch Nebenbedingungen, z. B. durch begleitende Partialtöne von übereinstimmender Höhe, veranlasst sein. Denn solche Nebenbedingungen können wechseln, ohne dass dadurch die Bestimmung der Tonintervalle sich ändert. Wir fassen diese bei reinen Tönen genau in derselben Weise wie bei Klängen von mehr oder minder zusammengesetzter Beschaffenheit auf[2]). Die Ordnung der Tonreihe muss also darauf beruhen, dass wir an Octave und Grundton, Quinte und Grundton u. s. w. immer dieselben Unterschiede

[1]) Der Erste, der die Logarithmen auf das Verhältniss der Töne anwandte, war Euler, tentamen novae theoriae musicae. Petrop. 1739. p. 73. Vgl. Herbart, über die Tonlehre. Werke, Bd. 7., S. 224. f. Eine Berechnung der Logarithmen aller musikalisch angewandten Schwingungszahlen hat neuerdings Schubring geliefert. (Schlömilch, Kahl und Cantor, Zeitschr. f. Mathematik und Physik. XIII. Suppl. S. 105.)

[2]) Hierdurch wird die Meinung widerlegt, die Ordnung der Tonhöhe beruhe auf denselben Ursachen wie die, wegen ihres Zusammenhangs mit den melodischen und harmonischen Gesetzen, erst im nächsten Abschnitt zu besprechende Klangverwandtschaft, nämlich darauf, dass die Tonintervalle bestimmter Klänge stets gewisse Partialtöne gemeinsam haben (vgl. Cap. XIII). Wäre dies richtig, so müsste unser Gefühl für die Intervalle mit der Klangfarbe der Instrumente wechseln, und bei reinen Tönen müsste es ganz fehlen. Es ist zwar wahrscheinlich, dass die aus der Klangverwandtschaft entspringenden Eigenschaften die sichere Bestimmung der Tonverhältnisse unterstützen, aber als die eigentliche Grundlage derselben kann man sie unmöglich betrachten.

der Empfindung erkennen, welche absolute Höhe die Töne auch haben mögen.

Die Tonreihe bildet ein Continuum von einer Dimension. Wir können sie uns durch eine Linie versinnlichen, am einfachsten durch eine Gerade von unbestimmter Ausdehnung. Ihre beiden nicht genau zu bestimmenden Endpunkte sind die untere und die obere Grenze der Tonhöhen. Beide Grenzen sind rein physiologische, sie wechseln bei verschieden organisirten Wesen, wahrscheinlich sogar bei verschiedenen Individuen derselben Art, denn sie sind abhängig von der wechselnden Abstimmung der mit der Acusticusendigung verbundenen Einrichtungen. Virtuell können wir uns daher die Linie der Töne über jene beiden Endpunkte ins unendliche fortgesetzt denken. Berücksichtigt man gleichzeitig die Intensität der Empfindung, so wird aus der Tonlinie ein Continuum von zwei Dimensionen, das am einfachsten in der Form einer Ebene sich darstellen lässt. Diese Ebene findet nach derjenigen Abmessung, welche der Stärke des Tones entspricht, ihre Grenze an der Empfindungshöhe. Nun ist die letztere, wegen der verschiedenen Reizbarkeit unseres Ohres, im allgemeinen für mittlere Tonhöhen am grössten, während sie gegen die untere und obere Tongrenze allmälig sinkt. Das Continuum der intensiven Töne kann somit als eine Ebene betrachtet werden, die sich gegen ihre untere und obere Grenze allmälig zu einer Linie verjüngt. Hierin eben ist die Erfahrung ausgedrückt, dass unsere reellen Tonempfindungen einen begrenzten Umfang besitzen. In unserm Bewusstsein hat ausserdem als dritte Dimension der Tonempfindungen deren zeitliche Dauer eine wesentliche Bedeutung. Aber da die Zeitanschauung erst aus der gegenseitigen Beziehung wechselnder Empfindungen entspringt, so haben wir hierauf erst bei der Verbindung der Tonempfindungen zu Vorstellungen näher einzugehen[1].

Von dem Klang unterscheidet sich der Zusammenklang im allgemeinen nur durch die gleichmässigere Stärke der Partialtöne, aus denen er besteht. Hierdurch wird es aber unserm Ohr leichter möglich, denselben in einzelne seiner Bestandtheile zu zerlegen. Während wir den Klang zunächst als eine einheitliche Empfindung gelten lassen, um uns erst bei der genaueren Analyse desselben von seiner complexen Beschaffenheit zu überzeugen, fassen wir den Zusammenklang sogleich als eine zusammengesetzte Empfindung auf. Hierzu trägt auch die weit wechselndere Beschaffenheit der Zusammenklänge das ihrige bei. Der Klang eines Instru-

[1] Vgl. Cap. XIII.

mentes z. B. enthält, mit wenig Abweichungen, immer dieselbe Reihe von Obertönen. Dagegen können wir auf einem und demselben mehrstimmigen Instrumente sehr verschiedene Accorde und andere Zusammenklänge hervorbringen. In diesen Verhältnissen liegen nun zwei Erscheinungen begründet, welche ausschliesslich bei Zusammenklängen vorkommen, und welche namentlich bei den musikalischen Wirkungen derselben von grosser Wichtigkeit sind. Die erste dieser Erscheinungen besteht in den Combinationstönen, welche dadurch entstehen, dass zwei Tonwellenzüge von hinreichender Stärke eine dritte Tonbewegung hervorbringen, die der Differenz oder auch der Summe ihrer Schwingungszahlen entspricht. Die zweite besteht in den Schwebungen, welche durch die wechselseitige Störung zweier Tonwellenzüge von geringem Unterschied der Schwingungszahlen erzeugt werden.

Combinationstöne bilden sich unter allen Umständen dann, wenn die gleichzeitig erklingenden Töne stark genug sind, dass die Grösse der Schwingungen nicht mehr als unendlich klein im Verhältniss zur Grösse der schwingenden Masse betrachtet werden kann. In diesem Falle ist nämlich das auf S. 357 ausgesprochene Princip der Superposition der Schallwellen, wonach die resultirende Schwingung immer durch einfache Addition ihrer Componenten erhalten wird, nicht mehr strenge richtig, sondern es entstehen zwei neue Schwingungsbewegungen neben der ursprünglichen, von denen die Schwingungszahl der einen der Differenz, die der andern der Summe der Schwingungen der beiden primären Töne entspricht [1]. Je zwei einfache Töne können daher zweierlei Combinationstöne erzeugen: einen Differenzton und einen Summationston. Davon ist der Differenzton in der Regel der weitaus stärkere. In vielen Fällen entstehen diese Töne erst im Ohr, dessen schwingende Massen bei ihrer Kleinheit leicht dazu Veranlassung geben; zuweilen entstehen sie aber auch ausserhalb, in klangerzeugenden Instrumenten. Beiderlei Combinationstöne können sowohl durch die Grundtöne der Klänge wie durch ihre Obertöne erzeugt werden. Aber da die Stärke der Combinationstöne von der Stärke der erzeugenden Töne abhängt, so geben die Grundtöne im allgemeinen die stärkeren Combinationstöne; auch erreichen die Summationstöne in den Höhen der musikalischen Scala wegen ihrer bedeutenden Schwingungszahl bald die Grenzen der Tonempfindlichkeit des Ohres. Ferner können starke Combinationstöne mit den primären Tönen abermals Combinationstöne bilden. Auf diese Weise entstehen Differenz- und Summationstöne höherer Ordnung, die jedoch, namentlich die letzteren, sehr schwach

1) Helmholtz, Poggendorff's Annalen, Bd. 94, S. 497. Lehre von den Tonempfindungen, 3te Aufl. S. 239, 618.

sind. Ueberhaupt besitzen die Combinationstöne in vielen Fällen eine so geringe Intensität, dass sie erst mittelst Resonanzröhren, die auf sie abgestimmt sind, deutlich wahrgenommen werden können. Doch werden nur die ausserhalb des Ohres erzeugten Combinationstöne auf diesem Wege verstärkt, daher die Untersuchung mit Resonanzröhren zugleich ein Hülfsmittel darbietet, um den Ursprung der Combinationstöne zu erkennen. Auch schwache Combinationstöne haben übrigens immer noch einen wichtigen Einfluss auf den Zusammenklang, wie wir später bei der Erörterung der ästhetischen Wirkung der Klangvorstellungen sehen werden[1]; es erstreckt sich jedoch dieser Einfluss im allgemeinen nur auf die Combinationstöne erster Ordnung, unter ihnen wieder namentlich auf die Differenztöne. Von grosser Bedeutung für die Wahrnehmbarkeit und die Wirkung der Combinationstöne ist endlich das Schwingungsverhältniss der sie erzeugenden primären Töne. Ist nämlich dieses Schwingungsverhältniss ein einfaches, so dass die primären Töne ein harmonisches Intervall (Octave, Quinte u. s. w.) mit einander bilden, so wird auch das Schwingungsverhältniss des Combinationstones zu den primären Tönen ein einfaches. So entspricht z. B. der Octave mit dem Schwingungsverhältniss 1 : 2 ein Differenzton 1 und ein Summationston 3, der erstere fällt also mit dem tieferen der primären Töne zusammen, der hierdurch eine Verstärkung erfährt, der zweite bildet die Duodecime desselben. Der Quinte mit dem Schwingungsverhältniss 2 : 3 entspricht ein Differenzton 1 und ein Summationston 5; der erstere bildet die tiefere Octave des ersten der primären Töne, der zweite die grosse Terz seiner höhern Octave. In solchen Fällen bringen die Combinationstöne, ebenso wie ihre primären Töne, eine stetige Empfindung hervor. Dies ist anders, wenn die Schwingungszahlen der primären Töne in keinem einfachen Verhältniss stehen. Verhalten sich z. B. die Schwingungen der letzteren wie 10 : 23, so entsteht ein Differenzton 13, welcher mit dem tieferen Tone 10 in der Regel nicht mehr ungestört zusammenklingt. Vielmehr tritt hier der im allgemeinen schon in Fig. 84 (S. 355) dargestellte Fall ein, dass zwei Schwingungscurven, deren jede regelmässig ist, sich zu einer unregelmässig periodischen Bewegung combiniren, die ihrer Natur nach keine stetige Empfindung hervorbringen kann. Es entstehen auf diese Weise die sogleich näher zu betrachtenden **Schwebungen** der Töne, welche der Dissonanz zu Grunde liegen. In Folge dieser Schwebungen sind die Combinationstöne unharmonischer Tonverbindungen viel schwerer wahrzunehmen, doch können sie die Dissonanz der primären Töne verstärken oder sogar, wenn zwischen diesen selbst keine Dissonanz vorhanden war, solche hervorbringen.

---

[1] Siehe Cap. XIII u. XVII.

Schwebungen der Töne können zwischen allen Bestandtheilen zweier Klänge, sowohl zwischen den Grundtönen wie den Obertönen derselben, eintreten; ausserdem können sich an denselben die Combinationstöne betheiligen. Es beruhen diese Störungen des Zusammenklangs auf der Interferenz der Schallwellen. Lässt man zwei Töne von gleicher Höhe und Stärke erklingen, so entsteht ein Ton von der doppelten Intensität, falls die Berge und die Thäler beider Wellen zusammenfallen. Nach dem früher (S. 355) vorgeführten Princip der Addition der Wellen entsteht hierbei ein einziger Wellenzug, dessen Berge und Thäler die doppelte Grösse besitzen. Richtet man dagegen den Versuch so ein, dass die Berge der einen Welle auf die Thäler der andern treffen, und umgekehrt, so vernichten sich die beiden Bewegungen, und es entsteht gar keine Tonempfindung. Befinden sich die beiden Tonquellen in einiger Entfernung von einander, so beeinflussen sich in der Regel die Schwingungen in solcher Weise, dass der Ton durch die Interferenz verstärkt wird. Dies beruht auf den Gesetzen des Mitschwingens. Da z. B. eine Saite durch das Erklingen des Tones, auf den sie abgestimmt ist, in Mitschwingungen geräth, so passen auch die durch directes Anschlagen derselben erzeugten Schwingungen der Schwingungsphase eines andern Tones von gleicher Höhe sich an. Nur unter besonderen Umständen wird das entgegengesetzte Resultat beobachtet: so z. B. wenn man zwei grosse Labialpfeifen dicht neben einander von der nämlichen Windlade aus anbläst. In diesem Falle tritt die aus der einen Pfeife ausströmende Luft immer gleichzeitig in die andere Pfeife ein, so dass beide nun in entgegengesetzten Phasen schwingen. In Folge dessen hört man statt des Tones nur noch ein zischendes Geräusch [1].

Die nämlichen Erscheinungen, die wir hier während der ganzen Dauer der zusammenklingenden Töne beobachten, können nun auch während eines kleinen Theils dieser Zeit eintreten. Dies geschieht, wenn zwei Töne zusammenklingen, deren Schwingungszahlen sehr wenig von einander verschieden sind. Denken wir uns z. B., zwei Töne differirten um eine Schwingung in der Secunde, und im Beginn des Zusammenklingens seien beide Bewegungen von gleicher Phase, so werden im Anfang der zweiten Secunde wieder gleiche Phasen zusammentreffen, aber im Verlauf der

[1] Helmholtz, Lehre von den Tonempfindungen S. 252. An der Doppelsirene von Helmholtz lässt sich derselbe Versuch ausführen, wenn man die beiden auf denselben Ton eingerichteten Scheiben so stellt, dass die Luftstösse der einen in die Zeit zwischen zwei Luftstösse der andern fallen. (Helmholtz, a. a. O. S. 256.) Aber der Versuch mit den Labialpfeifen ist schlagender, weil die Klänge derselben fast vollkommen den Charakter einfacher Klänge haben, wesshalb der Ton hier wirklich verschwindet, während er bei dem von starken Obertönen begleiteten Sirenenklang in die höhere Octave umschlägt.

ersten Secunde hat der eine Ton eine ganze, aus Berg und Thal bestehende Schwingung weniger gemacht als der andere: es muss also einmal während dieser Zeit, und zwar nach Verfluss der ersten halben Secunde, ein Berg der einen mit einem Thal der andern Welle zusammengetroffen sein. Hieraus folgt, dass Töne, die um e i n e Schwingung differiren, einmal in der Secunde, nämlich da wo gleiche Phasen zusammenkommen, durch Interferenz sich verstärken, und einmal, da wo entgegengesetzte Phasen bestehen, durch Interferenz sich schwächen. Sind die Töne um 2, 3, 4 . . . n Schwingungen in der Secunde verschieden, so treten natürlich 2, 3, 4 . . . n solche Ab- und Zunahmen oder Schwebungen des Tones ein. Mittelst der letzteren lassen sich beim Zusammenklingen der Töne noch ausserordentlich geringe Unterschiede der Höhe erkennen. Töne, die um sehr wenig Schwingungen von einander abweichen, empfinden wir absolut gleich, wenn sie nach einander erklingen; aber sobald sie gleichzeitig angestimmt werden, erkennen wir an den Schwebungen, dass sie verschieden sind. So kann man z. B. um die Mitte der musikalischen Scala nach den Schwebungen ganz deutlich noch Töne unterscheiden, die um einige Bruchtheile einer Schwingung differiren, während bei successiver Auffassung meistens selbst für ein geübtes Ohr erst eine Differenz von einigen Schwingungen in der Secunde eben vernehmbar wird [1]). Noch viel unvollkommener ist unsere Unterschiedsempfindlichkeit für Tonhöhen bei den tiefsten und höchsten Tönen, wo endlich selbst die genaue Bestimmung der gewöhnlich angewandten musikalischen Intervalle unsicher wird.

Die störende Wirkung der Schwebungen hat ihren Grund in der Umwandlung der stetigen Tonempfindung in eine intermittirende. Bei sehr langsamen Schwebungen macht sich daher die störende Wirkung noch kaum geltend, und sie wächst mit der Zunahme der Schwebungen bis zu einem Maximum, worauf sie schnell abnimmt und bald ganz schwindet, indem die Schwebungen aufhören wahrnehmbar zu sein. Jenes Maximum der

[1]) Man führt den Versuch am besten mit auf Resonanzkästen stehenden Stimmgabeln aus, die stark mit dem Violinbogen gestrichen werden, und deren eine man durch etwas an ihre Zinken geklebtes Wachs verstimmt. SEEBECK (POGGENDORFF's Annalen, Bd. 68, S. 463) konnte von zwei Stimmgabeln, deren eine 1209, die andere 1210 Schwingungen in der Secunde machte, die erste noch als die tiefere unterscheiden. Dabei sind aber wahrscheinlich die Schwebungen zur Bestimmung der Tonhöhe mitbenutzt worden. Nach E. H. WEBER kann ein geübtes Ohr successiv angegebene Tonhöhen noch eben unterscheiden, wenn dieselben den Schwingungszahlen 1149 und 1145 entsprechen. Ich finde an zwei genau gleich gestimmten *a*-Gabeln von 435 Schwingungen, dass, wenn die eine um 3 Schwingungen tiefer gestimmt wird, noch zuweilen Irrthümer vorkommen; erst bei 3 Schwebungen in der Sec. kann aber deutlich der Tonunterschied bei successivem Anstreichen erkannt werden. Dies stimmt mit WEBER's Angaben ziemlich gut überein. Hiernach dürfte für die Tongrenzen zwischen dem *a* und etwa dem *d* der nächsten Octave eine Unterscheidungsempfindlichkeit von $\frac{1}{200}$ — $\frac{1}{300}$ anzunehmen sein. Uebrigens ist eine eingehende Untersuchung, namentlich mit Rücksicht auf die Veränderungen dieses Werthes in verschiedenen Tonhöhen, wünschenswerth.

Störung liegt etwa bei 30 Schwebungen in der Secunde. Bei dieser oder einer ihr nahe kommenden Geschwindigkeit bringen die Schwebungen ein rasselndes, R-ähnliches Geräusch hervor, wobei wegen der grossen Schnelligkeit, mit der die einzelnen Tonstösse auf einander folgen, eine deutliche Auffassung der Tonhöhe nicht mehr möglich ist. Der Klang verliert also hier seinen Charakter als stetige Empfindung und wird unmittelbar zum Geräusch, welches wir schon oben (S. 355) auf eine unregelmässige Schallbewegung zurückgeführt haben. In der That beruhen Geräusche überall darauf, dass mannigfache regelmässige Luftbewegungen sich stören, indem sie schnell nach einander Verstärkungen und Schwächungen des Schalls durch Interferenzen hervorbringen (vgl. Fig. 84). So sind demnach die Schwebungen zweier einfacher Töne gewissermaassen die elementarste Geräuscherscheinung. Bei Schwebungen, welche die Zahl 30 erheblich übersteigen, vermag unser Ohr die einzelnen Töne nicht mehr auseinander zu halten. Schon bei 50 Schwebungen wird der intermittirende Charakter der Empfindung sehr undeutlich, und bei 60 ist er gänzlich verschwunden. Die Angabe, dass wir noch viel zahlreichere Intermissionen zusammenklingender Töne, sogar bis zu 132 in der Secunde [1]), unterscheiden können, beruht zweifellos auf einer Verwechselung mit dem disharmonischen Eindruck, welchen nicht verwandte Klänge, wenn sie gleichzeitig ertönen, auf uns machen. Wir müssen aber durchaus die Störungen des Zusammenklanges, welche in den Schwebungen ihre Ursache haben, von der Beziehung, in welche die einzelnen Klänge durch ihre Verwandtschaft, nämlich durch die Uebereinstimmung oder Verschiedenheit ihrer Theiltöne treten, unterscheiden. Wir wollen, um Irrthümern dieser Art möglichst vorzubeugen, den Ausdruck D i s s o n a n z auf jene Störungen des Zusammenklanges beschränken, welche durch die Schwebungen, also durch Intermissionen der Empfindung verursacht sind. C o n s o n a n t nennen wir somit alle Klänge, welche keine für unser Gehör wahrnehmbaren Schwebungen mit einander bilden. Dagegen wollen wir die Bezeichnung der H a r m o n i e für jene Fälle anwenden, wo eine gewisse Zahl von Theiltönen mehrerer Klänge zusammenfällt. Die Begriffe der Consonanz und der Harmonie sind fast immer mit einander vermengt worden, und noch Helmholtz hat die Identität beider Begriffe naturwissenschaftlich zu begründen gesucht, indem er die Disharmonie aus den Schwebungen, also aus dem was wir Dissonanz genannt haben, ableitete, und den Begriff der Harmonie im Grunde nur negativ, als fehlende Dissonanz, bestimmte [2]). Beide sind jedoch wesentlich ver-

---

[1]) Helmholtz, Tonempfindungen, 3te Aufl. S. 273.

[2]) Auf dieser Verwechslung beruht ohne Zweifel die oben erwähnte Behauptung von Helmholtz, dass wir bis zu 132 Intermissionen des Tons in der Sec. noch wahrnehmen können. Beginnt man auf den mittleren und höheren Stufen der musikalischen

schieden. Die Dissonanz kann unter Umständen den störenden Eindruck der Disharmonie verstärken, aber es kann Disharmonie ohne Dissonanz und bis zu einem gewissen Grade sogar Dissonanz ohne Disharmonie bestehen. Die Dissonanz, die grössere oder geringere Rauhigkeit eines Zusammenklanges ist eine der Empfindungsqualität unmittelbar zugehörige Eigenschaft. Die Harmonie dagegen beruht, da sie von der Auffassung der verwandten oder disparaten Beschaffenheit der Klänge ausgeht, auf einem Act der Verbindung der Empfindungen, sie fällt desshalb nicht der reinen Empfindung sondern der Vorstellung zu[1]. Davon dass Töne disharmonisch sein können, ohne eine Spur von Rauhigkeit zu zeigen, überzeugt man sich am besten an den einfachen Klängen auf Resonanzkästen aufgesetzter Stimmgabeln, weil hierbei die Schwebungen von Obertönen vermieden werden. In den mittleren und höheren Lagen der musikalischen Scala ist es leicht, solchen Gabeln eine Schwingungsdifferenz zu geben, bei der die Interferenzen der Töne viel zu rasch auf einander folgen, als dass Schwebungen wahrgenommen werden könnten. Trotzdem bleibt der störende Eindruck der disharmonischen Intervalle bestehen[2]. Anderseits kann man aber auch Schwebungen zweier Töne erzeugen, an denen keine Disharmonie bemerkt wird. Dies beruht darauf, dass wir Intermissionen des Tons schärfer auffassen als Unterschiede der Tonhöhe. Zwei Töne können daher Schwebungen mit einander machen, obgleich sie im Einklang zu stehen oder

---

Scala mit dem Einklang zweier Töne, und verstimmt man dann den einen mehr und mehr, so nimmt die durch die Schwebungen verursachte Rauhigkeit des Tons allmälig zu und dann rasch wieder ab, worauf bald beide Töne wieder continuirlich neben einander klingen. Aber die Disharmonie dauert fort und verschwindet erst, wenn ein durch Klangverwandtschaft ausgezeichnetes Intervall erreicht wurde. Es kann nun begegnen, dass man dieses Fortsetzen der Disharmonie auf eine Fortdauer der Rauhigkeit des Tons, der Dissonanz, bezieht.

[1] Die nähere Betrachtung der Harmonie und Disharmonie gehört darum in den nächsten Abschnitt. Vgl. Cap. XIII und XVII.

[2] Ich habe diese Versuche in folgender Weise ausgeführt. Von zwei gleich abgestimmten Stimmgabeln auf Resonanzkästen wurde die eine durch angeklebte kleine Gewichte allmälig verstimmt, entsprechend wurde der Resonanzkasten derselben durch Ausziehen eines Schiebers aus Pappe in seiner Stimmung verändert. Auf diese Weise konnte leicht das Entstehen der Schwebungen vom Einklang an bis zum Maximum der Rauhigkeit und von da bis zum Verschwinden der Dissonanz verfolgt werden. Unter allen Umständen fand ich so schon bei 50 Schwebungen die Rauhigkeit so undeutlich, dass man an ihrer Existenz zweifeln konnte; über 60 ist aber sicherlich keine Spur von Störung mehr zu bemerken. Auf die nämliche Grenze führt übrigens die Beobachtung der tiefsten Töne hin. Wenn ich zwei grosse gedeckte Labialpfeifen, die zwischen dem *C* von 64 und dem *C* von 128 Schwingungen in ihrer Stimmung veränderlich sind, auf Grundton und Quinte (*C* und *G*) stimme, so entsteht ein Differenzton C_1 von 32 Schwingungen, an dem noch eben die Intermissionen der einzelnen Luftstösse bemerklich sind. Bei dem Ton *C* von 64 Schwingungen ist aber davon keine Spur mehr zu entdecken. Uebrigens ist zu bemerken, dass einfache Töne, auch wenn noch die einzelnen Luftstösse derselben empfunden werden, niemals jene Rauhigkeit zeigen, welche bei den Schwebungen beobachtet wird, und welche eben in dem raschen Wechsel zwischen den zwei dissonirenden Tönen ihre Ursache hat.

einem harmonischen Intervall anzugehören scheinen. Solche Schwebungen können unter Umständen sogar als Hülfsmittel musikalischer Wirkung dienen, öfter zwar sind sie störend, aber nicht weil durch sie Disharmonie entsteht, sondern weil die zitternde Beschaffenheit des Klangs meistens für den musikalischen Ausdruck nicht angemessen ist. Im allgemeinen achten wir auf leichte Dissonanzen dieser Art nicht viel, so lange nur das Verhältniss der Tonhöhen und die Klangverwandtschaft ungeändert bleiben. Hierauf beruht auch die relativ geringe Belästigung, welche uns die Stimmung der Instrumente nach gleichschwebender Temperatur verursacht. Denn die Abweichungen derselben von der reinen Stimmung üben auf die Empfindung von Tonhöhe und Klangverwandtschaft keinen nennenswerthen Einfluss aus.

Wie einfache Töne mit einander Schwebungen bilden und dadurch Dissonanz erzeugen können, so ist dies auch bei den verschiedenen Partialtönen zusammengesetzter Klänge möglich. Von den einzelnen Bestandtheilen eines Klanges können entweder die Grundtöne mit einander Dissonanz geben; dann ist diese wegen der überwiegenden Stärke des Grundtons so mächtig, dass die Dissonanzen der Obertöne, die hierbei nie fehlen, dagegen verschwinden. Oder es können die Grundtöne consonant sein, aber die Obertöne derselben eine mehr oder weniger scharfe Dissonanz erzeugen. In solchem Falle ist die Dissonanz geringer als im vorigen, und sie richtet sich in ihrer Stärke nach der Intensität der dissonirenden Obertöne, also in der Regel nach der Ordnungszahl derselben, da bei den meisten musikalischen Klängen die Stärke der Obertöne mit der Höhe abnimmt. Zu Dissonanzen der Obertöne müssen gerade solche Klangintervalle leicht Anlass geben, welche sich einem einfachen Verhältniss der Schwingungszahlen annähern, ohne aber dasselbe vollständig zu erreichen. Jenen einfachen Intervallen entsprechen nämlich regelmässig übereinstimmende Obertöne. So ist z. B. für das Verhältniss Grundton und Quinte ($c : g$) die Duodecime des Grundtons (g') zugleich die Octave der Quinte, also ein coincidirender Oberton beider Klänge. Werden nun die beiden Töne um einige Schwingungen verstimmt, so werden deshalb zwischen den beiden Grundtönen keine Schwebungen bemerkt, aber die Obertöne g' sind für beide Klänge nicht mehr identisch, sie müssen daher Schwebungen mit einander bilden, deren Zahl genau der Anzahl von Schwingungen entspricht, um welche die beiden Grundtöne von einander abweichen. In einem ähnlichen Verhältniss stehen noch weitere Obertöne der beiden Klänge. So findet man z. B. für das Verhältniss Grundton und Quinte, dass ausser der Duodecime oder dem dritten Partialton des Grundtons noch der 5te, 7te, 9te u. s. w. mit dem 4ten, 6ten, 8ten u. s. w. der Quinte zusammenfällt. Alle diese Obertöne müssen daher auch, sobald

sie nicht mehr genau coincidiren, Schwebungen mit einander bilden. Mehrere neben einander herlaufende Klänge müssen also um so genauer in ihren Grundtönen auf harmonische Intervalle gestimmt sein, je mehr sie von Obertönen begleitet sind. Die Consonanz der Obertöne ist daher auch das hauptsächlichste Mittel, um Klänge nach harmonischen Intervallen zu stimmen, ein Umstand, welcher die allgemeine Verwechslung von Consonanz und Harmonie theilweise erklärt[1].

Gleich den Obertönen können endlich auch die Combinationstöne Schwebungen hervorbringen. Bei einfachen, der Obertöne entbehrenden Klängen sind die Schwebungen der Combinationstöne eine häufige Ursache der Dissonanz, da bei musikalischen Zusammenklängen die primären Töne selten einen so geringen Unterschied der Schwingungszahlen besitzen, dass Schwebungen derselben möglich sind. Bei complicirteren Verbindungen zusammengesetzter Klänge aber ist, wie man hieraus sieht, in der mannigfachsten Weise Gelegenheit zur Erzeugung von Dissonanz gegeben, indem zuerst zwischen den Grundtönen, dann zwischen den Obertönen, endlich zwischen den Combinationstönen und den Bestandtheilen der primären Klänge Schwebungen entstehen können. So setzt sich denn meistens eine Störung des Zusammenklanges aus Dissonanzen verschiedenen Grades zusammen; der Störungswerth jeder einzelnen derselben bemisst sich erstens nach der relativen Stärke der schwebenden Partialtöne und zweitens nach der Zahl ihrer Schwebungen. In letzterer Beziehung lässt sich nur angeben, dass das Maximum der Störung etwa bei 30 Schwebungen in der Secunde erreicht ist und von da nach beiden Seiten rasch abnimmt; ein quantitatives Maass für den Störungswerth einer gegebenen Dissonanz lässt sich aber, wegen der Mannigfaltigkeit der zusammenwirkenden Factoren, bis jetzt nicht aufstellen.

Unsere Lichtempfindungen unterscheiden wir nach drei veränderlichen Bestimmungen: 1) Nach der Qualität der Farbe oder dem Farbenton. 2) Nach der Sättigung der Farbe oder dem Grad, in welchem eine Farbenempfindung dem Weiss sich nähert. Wir nennen nämlich eine Farbe um so gesättigter, je weniger Weiss ihr beigemischt ist; das Weiss selbst nebst seinen Intensitätsabstufungen bis zum Schwarz kann in diesem Sinne als der geringste Sättigungsgrad einer jeden Farbe betrachtet werden. 3) Nach der Lichtintensität oder der Stärke der Empfindung. Von diesen drei Modalitäten der Lichtempfindung ist im

---

[1]) Ueber die Dissonanz der Obertöne bei verschiedenen Intervallen vgl. HELMHOLTZ a. a. O. S. 287 f.

allgemeinen die erste, der Farbenton, von der Wellenlänge, die zweite, die Sättigung, von der Beimengung von Licht anderer Wellenlänge, die dritte, die Lichtstärke, von der Schwingungsamplitude abhängig. Farbenqualität, Sättigung und Lichtstärke sind nun aber nicht, wie z. B. die Höhe und Stärke der Töne, unabhängig veränderliche Bestandtheile der Empfindung. Doch wollen wir von diesem Punkte, auf den wir unten zurückkommen werden, zunächst absehen, und jene drei Eigenschaften vorläufig so untersuchen, als wenn sie wirklich völlig unabhängig von einander variirt werden könnten. Demnach werden wir der Untersuchung der Qualität hier nur die einfachen oder gesättigten Farben zu Grunde legen, das Weiss aber, obgleich es mit demselben Recht wie jede Farbe als eine Empfindungsqualität betrachtet werden kann, soll erst bei der Sättigung zur Sprache kommen, weil es in der Stufenfolge der Sättigungsgrade einer Farbe den der vollkommenen Sättigung gegenüberstehenden Grenzfall bildet. Endlich die Intensitätsabstufungen des Weiss werden nebst den Intensitäten der Farben an dritter Stelle besprochen werden.

Es gibt nur einen einzigen Weg, um einfache Farbenempfindungen in vollständiger Sättigung herzustellen: er besteht in der Zerlegung des gewöhnlichen gemischten oder weissen Lichtes durch Brechung in die einzelnen einfachen Lichtarten von abgestufter Wellenlänge und Brechbarkeit [1]). Lässt man durch einen Spalt im Fensterladen eines verdunkelten Zimmers einen Sonnenstrahl auf ein dreiseitiges Flintglasprisma fallen, so wird der weisse Strahl in Folge der verschiedenen Brechbarkeit der Lichtarten von verschiedener Wellenlänge, die ihn zusammensetzen, in eine Reihe farbiger

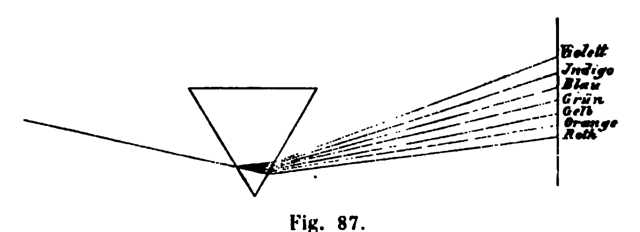


Fig. 87.

Strahlen, ein Spektrum, aufgelöst. Das Licht von der grössten Wellenlänge wird am schwächsten, das Licht von der kleinsten am stärksten gebrochen. Jenes empfinden wir Roth, dieses Violett, und zwischen beiden folgen Orange, Gelb, Grün, Blau [2]), Indigblau stetig aufeinander (Fig. 87) [3]).

[1]) Die Zerlegung durch Beugung oder Interferenz liefert keine hinreichend vollständige Trennung und daher keine vollkommen gesättigten Farben.

[2]) Für das reine Blau wird häufig der Ausdruck Cyanblau (Cyaneum nach NEWTON) angewandt.

[3]) Die folgende kleine Tabelle enthält die aus den Interferenzversuchen berechneten Wellenlängen in Hunderttausendtheilen eines Millimeter und die entsprechenden

Ein in der Richtung der aus dem Prisma austretenden Strahlen blickendes Auge nimmt diese Farbenreihe unmittelbar als ein subjectives Spektrum wahr. Bringt man an Stelle des Auges eine Sammellinse von geeigneter Stärke und hinter dieser einen weissen Schirm an, so wird auf dem letzteren ein objectives Spektrum in Form eines farbigen Bandes entworfen. Durch wiederholte Brechung in mehreren hinter einander aufgestellten Prismen lassen sich die einzelnen Spektralfarben noch vollständiger von einander isoliren[1]. Alle auf anderem Wege, nicht durch Zerlegung des Sonnenlichtes, gewonnenen Farben besitzen keine vollständige Sättigung, so also namentlich auch diejenigen, welche in Folge der Absorption entstehen, die gewisse Strahlen des weissen Lichtes bei der Brechung und Reflexion erfahren. Von farbigen Gläsern oder farbigen Pigmenten kommt daher immer Licht verschiedener Brechbarkeit, wie durch Zerlegung solchen Lichtes mittelst des Prismas sich zeigen lässt.

Die einfachen Farben des prismatischen Spektrums bilden eine Reihe stetig in einander übergehender Empfindungen. Es fehlen zwar in dem Spektrum gewisse Stufen der Brechbarkeit, wie sich an den dunkeln Linien, von denen dasselbe durchzogen ist, den FRAUNHOFER'schen Linien, erkennen lässt. Aber diesem Wegfall gewisser Wellenlängen des objectiven Lichtes entspricht keine Unstetigkeit der Empfindung, denn die Farben zu beiden Seiten einer jeden dunkeln Linie erscheinen vollkommen gleich. Die Abstufung in der Qualität der Empfindung geschieht langsam genug, dass für sie jene Unstetigkeit in der Abstufung der Wellenlängen nicht in Rücksicht fällt. Die Mannigfaltigkeit der einfachen Farben kann demnach, ähnlich der Tonreihe, durch eine Linie dargestellt werden. Jede qualitativ bestimmte Farbenempfindung bildet einen Punkt dieser Linie, von welchem

---

Schwingungszahlen in Billionen auf die Secunde. Die FRAUNHOFER'sche Linie, aus deren Umgebung der Farbenton genommen wurde, ist in Klammer beigefügt.

		Wellenlänge.	Schwingungszahl.
Roth	(B)	6878	450
Roth	(C)	6564	472
Gelb	(D)	5888	526
Grün	(E)	5260	589
Blau	(F)	4843	640
Indigblau	(G)	4291	722
Violett	(H)	3928	790

Bei Abblendung des übrigen Spektrums lässt sich noch eine kleine Strecke jenseits der dunkeln Linie *L*, welche das gewöhnlich sichtbare Violett begrenzt, eine Farbe erkennen, das Ultraviolett, welches bis zu einer Linie *R* reicht, die einer Wellenlänge von 3108 (Schwingungszahl 912) entspricht. Das Roth lässt sich unter günstigen Umständen bis zu einer Linie *A* mit der Wellenlänge 7617 (Schwingungszahl 412) erkennen. Im Spektrum des Rubidiumdampfes erscheinen aber noch etwas jenseits von *A* zwei intensiv rothe Linien.

[1] Die bezüglichen Methoden vgl. bei HELMHOLTZ, physiologische Optik S. 261 f., oder in meiner med. Physik S. 235 f.

man stetig durch allmälige Uebergänge zu jedem beliebigen andern Punkte derselben gelangen kann. Aber die Farbenlinie unterscheidet sich von der Tonlinie zunächst dadurch, dass eine bestimmte, den Abstufungen des äusseren Reizes entsprechende Stufenfolge der Empfindungen nicht nachweisbar ist. Eine Farbenscala, in dem Sinne wie es eine Tonscala gibt, existirt nicht [1]). Wollten wir die Farbenreihe in ähnlicher Weise quantitativ abstufen wie die Tonreihe, so könnten wir dazu nicht endliche Intervalle sondern, wie bei der Intensitätsmessung, nur eben merkliche Unterschiede verwenden [2]). Sodann zeigen die Farbenempfindungen die bemerkenswerthe Eigenthümlichkeit, dass die zwei an den beiden Enden des Spektrums stehenden Farben, das Roth und Violett, in ihrer qualitativen Beschaffenheit sich wieder einander nähern, demnach sich ähnlich verhalten wie zwei im Spektrum benachbarte Farben, z. B. Roth und Orange oder Blau und Indigblau. Die Farben bilden also nicht, wie die Töne, eine Linie, die immer in derselben Richtung fortschreitet, sondern das Ende dieser Linie nähert sich wieder ihrem Anfang. Dies bedeutet offenbar, dass die genannte Linie keine gerade ist, sondern eine irgendwie gekrümmte oder geknickte Form hat. Die Verwandtschaft zwischen den beiden Endfarben des Spektrums tritt am deutlichsten darin zu Tage, dass, wenn man dieselben mischt, eine Farbe entsteht, welche alle möglichen Uebergangstöne zwischen Roth und Violett enthält. Diese Farbe ist das Purpur.

---

1) Die Versuche eine solche nachzuweisen sind vorzugsweise auf Betrachtungen über die so genannte Harmonie der Farben gegründet, der man eine ähnliche Ursache wie der Harmonie der Töne zuschrieb. Der einzige Grund, der sich hierfür aus der Natur der einfachen Farben und Farbenempfindungen entnehmen liesse, wäre etwa der, dass dem äussersten Violett nahezu die doppelte Schwingungszahl als dem Anfang des Roth entspricht. Aber erstens ist dies nicht einmal strenge richtig, da der Umfang des gewöhnlich sichtbaren Spektrums nicht ganz einer Octave gleichkommt (vgl. die Tabelle S. 375 Anm.), und zweitens enthält jener Umstand noch gar kein Motiv zu einer quantitativen Abstufung der zwischenliegenden Farbentöne. Ebenso wenig lässt sich freilich daraus, dass die gewöhnlich empfindbaren Farben nicht einmal das Intervall einer Octave umfassen, ein Grund gegen die Analogie mit der Tonscala entnehmen, da eben unter gewissen Umständen die Farbenempfindung noch über das Intervall einer Octave ausgedehnt werden kann (s. oben a. a. O.). Entscheidender ist die Thatsache, die wir unten kennen lernen werden, dass zwei einfache Farben gemischt eine Empfindung verursachen können, welche der zwischenliegenden einfachen Farbe entspricht, während aus zwei einfachen Tönen niemals wieder eine einfache Tonempfindung entsteht. Zur Widerlegung der Uebertragung der Tonintervalle auf die Farbenverhältnisse, welche wohl nur der Autorität Newton's ihre Bedeutung verdankt hat, bedarf es übrigens kaum des Hinweises auf diese tiefgreifenden Differenzen zwischen beiden Sinnen. Dass wir die Farbenintervalle nicht in eine ähnliche abgestufte Reihe ordnen wie die Tonintervalle, ist lediglich eine Thatsache der unmittelbaren Empfindung.

2) Nach diesem Princip, nicht nach der Analogie mit der Tonscala, wie es mehrfach geschehen ist (Newton, optice lib. I, pars II, Tab. III Fig. 11. Helmholtz, physiol. Optik Taf. IV, Fig. 1), müssen in der That die einzelnen Farbentöne des Spektrums nach ihrer Breite bestimmt werden, wenn man eine der Abstufung der Empfindung entsprechende Reihe erhalten will. (Siehe hierüber unten.) Die Abmessungen im Spektrum, die nach der Substanz des brechenden Prismas wechseln, stehen natürlich hierzu in gar keiner Beziehung.

Dasselbe liegt dem Roth näher, wenn in der Mischung das Roth überwiegt (Karmesinroth), es nähert sich dem Violett, wenn von dieser Farbe mehr in die Mischung eingeht (eigentliches Purpur). Hiernach lässt sich die Mannigfaltigkeit der einfachen Farben als eine gekrümmte Linie darstellen, deren Enden sich nähern, am einfachsten als eine Kreislinie, der ein kleines Bogenstück zum vollständigen Kreise fehlt: nimmt man die durch Mischung der Endfarben des Spektrums erzeugbaren Farbentöne hinzu, so wird damit auch dieser Bogen ergänzt. Unsere Farbenempfindungen bilden nun eine in sich zurücklaufende Linie. Hiermit hängt ein weiterer Unterschied der Farben- von den Tonempfindungen zusammen. Die Farbenlinie lässt sich nicht wie die Tonlinie nach beiden Richtungen ins unendliche fortgesetzt denken, sondern der Umfang der Farbenempfindungen ist ein in sich begrenzter. Ja es scheint, als wenn, falls wir uns die Veränderung des Violett und des Roth, wie sie gegen die Enden des Spektrums hin stattfinden, weiter fortgeführt denken wollten, dies nur in der Richtung der Farbentöne des Purpur geschehen könnte. Doch mag es sein, dass dies mehr auf Erfahrung als auf ursprünglicher Empfindung beruht [1]. Uebrigens ist der Kreis zwar die einfachste Form, die wir für die Farbenlinie voraussetzen können, aber keineswegs die einzige; eine Ellipse oder irgend eine andere gegen ihren Ausgangspunkt zurücklaufende Curve, ja eine geknickte, irgendwie aus gekrümmten oder geraden Theilen zusammengesetzte Linie, z. B. ein geradliniges Dreieck, würde sie ebenso gut darstellen. Bedingung bei allen diesen Darstellungen bleibt nur, dass die beiden Enden sich wieder nähern und, wenn man die Ergänzung durch 'urpur hinzu nimmt, in einander übergehen. Die purpurnen Farbentöne ind aber zugleich die einzigen unter allen Mischfarben, denen keine der infachen Farben des Spektrums gleich ist. Mit der Ergänzung durch urpur stellt also unsere Farbenlinie alle überhaupt möglichen gesättigten ırbenempfindungen dar.

Will man die Farbenlinie ohne Rücksicht auf die später zu besprechen·n Mischungserscheinungen, bloss nach der Abstufung der Empfindung ·nstruiren, so ist der Kreis die einfachste Form, weil der Kreis die einchste in sich zurücklaufende Linie ist. Es bleibt dann aber noch die usdehnung, die den einzelnen Farbentönen gegeben werden soll, will-

1) Die gewöhnlich nicht sichtbaren brechbarsten Strahlen des Spektrums, die aber ·t Ausschluss alles andern Lichtes sichtbar gemacht werden können, die überioletten Strahlen, erscheinen allerdings nicht purpurfarben, sondern bläulicher als s eigentliche Violett. Aber dies ist kein Widerspruch gegen die Annahme eines rucklaufens der Farbencurve. Denn jener bläuliche Farbenton wird zweifellos durch e Fluorescenz der Netzhaut bedingt, welche bei den überviolettcn Strahlen im Verltniss zur Intensität der Empfindung ihre grösste Stärke erreicht. Das Fluorescenzht ist nämlich weisslich, Weiss mit Violett gemischt gibt aber einen bläulichen rbenton.

kürlich. Sollte hierfür aus der unmittelbaren Empfindung ein Maass genommen werden, so würde, da wir eine Empfindung für die Abstufung endlicher Farbenintervalle nicht besitzen, nur übrig bleiben, ähnlich wie bei der Abstufung der Empfindungsintensität, von der Empfindung für eben merkliche Unterschiede auszugehen. Nun herrscht im Gelb die grösste Empfindlichkeit für den Wechsel des Farbentons, dann kommt Blau und Blaugrün; im Grün ist dieselbe geringer, und ebenso nimmt sie gegen das violette und rothe Ende des Spektrums bedeutend ab. Die grösste Bogenlänge auf dem Farbenkreis würden daher einerseits das Gelb, anderseits das Blau, die kleinste das Roth und Violett und nach ihnen das Grün einnehmen. Es sind dies die nämlichen Farben, welche, wie wir unten sehen werden, auch bei den Erscheinungen der Farbenmischung eine ausgezeichnete Rolle spielen. In Fig. 88 ist diese Abstufung durch die Breite der einzelnen Sectoren angedeutet. Genauer ergeben Versuche von MANDELSTAMM folgende Verhältnisszahlen für die Unterschiedsempfindlichkeit der einzelnen Farbentöne:

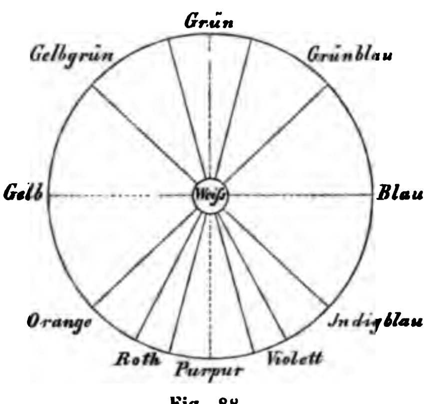


Fig. 88.

Im Roth (Linie C)	Gelb (D)	Gelbgrün (D bis E)	Grün (E)
$\frac{1}{19}$	$\frac{1}{165}$	$\frac{1}{205}$	$\frac{1}{214}$

Grünblau (b bis F)	Blau (F)	Indigblau (G) [1]
$\frac{1}{400}$	$\frac{1}{410}$	$\frac{1}{270}$

Unter den einfachen Farben gibt es einzelne, die durch eine bestimmtere Qualität sich auszeichnen, so dass die andern unmittelbar als Uebergangsstufen zwischen ihnen empfunden werden, während ihnen selbst eine durchaus eigenthümliche Qualität zukommt. Als solche Hauptfarben

[1]) Nach MANDELSTAMM (Archiv f. Ophthalmologie XIII, 2 S. 399) ist nämlich der relative Zuwachs der Wellenlänge, der erfordert wird, damit ein Unterschied im Farbenton wahrgenommen werde, im Gelb bei der FRAUNHOFER'schen Linie D = 0,00245, im Blau bei F und zwischen b und F im Blaugrün = 0,00244 — 0,00250, im Grün bei E = 0,00467, zwischen D und E = 0,00488, bei G im Indigo = 0,0037, endlich am grössten bei C im Roth = 0,0528; an der violetten Grenze waren sichere Bestimmungen nicht mehr möglich. Hieraus sind die obigen Verhältnisszahlen berechnet. In Fig. 88 sind natürlich diese Maassverhältnisse nicht eingehalten, sondern es ist nur durch die ungefähre Breite der Sectoren die Grösse der Empfindungsabstufung für die einzelnen Farben angedeutet worden. Um für das Purpur die entsprechenden Zahlen zu gewinnen, müsste man die eben merklichen Mischungsänderungen von Roth und Violett als Maasse der Unterschiedsempfindlichkeit benützen, es liegen jedoch hierüber noch keine Versuche vor.

lassen sich nur Roth, Gelb, Grün und Blau unterscheiden, wie dies uch die Sprache bezeugt, welche allein für sie besondere Namen geschaffen hat. Schon das Violett, die Farbe der Veilchen, lässt unmittelbar lie Verwandtschaft einerseits mit Blau, anderseits mit Roth erkennen, und och zweifelloser erscheinen die übrigen Farbentöne, wie Indigblau, rangegelb, Gelbgrün u. s. w. als Zwischenstufen. Man kann daher diese arben auch zum Unterschied von den oben genannten vier Hauptfarben ie Uebergangsfarben nennen, wobei jedoch wieder, wenn auch das iolett als Uebergangsfarbe gelten soll, das Purpur zur Ergänzung der rbenreihe hinzugenommen werden muss.

Die Thatsache, dass es vier Hauptfarben gibt, lässt sich aus der ojectiven Natur der verschiedenen Lichtqualitäten natürlich nicht ableiten. emnach kann der Grund für dieselbe nur in der subjectiven Natur der nfachen Farbenlinie gelegen sein. Nun lässt sich, wenn wir die Farbeneihe als eine in sich zurücklaufende Curve betrachten, bei der man von nmerklichen zu merklichen und dann zu immer mehr übermerklichen nterschieden übergeht, im allgemeinen begreifen, dass es für jeden unkt derselben einen andern geben müsse, der einer Empfindung von der rösstmöglichen qualitativen Verschiedenheit entspricht. Bei der oben angedeuteten Ausmessung der Bogenlängen des Farbenkreises nach Graden ler Unterschiedsempfindlichkeit sind, wenn man sich die Ergänzung durch Purpur in den entsprechenden Maassverhältnissen aufgetragen denkt[1]), als Punkte der grössten Farbendifferenz solche zu betrachten, welche von den Enden je eines Kreisdurchmessers berührt werden. Die vier Hauptfarben aber sind jene, welche man erhält, wenn zuerst das zwischen den Enden des Spektrums gelegene Purpur mit der ihm gegenüberliegenden mittleren Spektralfarbe Grün durch einen Durchmesser verbunden und ausserdem ler hierauf senkrechte Durchmesser gezogen wird: der letztere verbindet lann die zwei weiteren Hauptfarben Gelb und Blau (Fig. 88). Das Purpur tatt des Roth zu wählen, ist desshalb gerechtfertigt, weil es die gleich usgeprägte Differenz zu den drei anderen Hauptfarben zeigt, zugleich aber ie subjective Verwandtschaft der beiden Endfarben des Spektrums zu inem deutlichen Ausdruck bringt. Ist eine Hauptfarbe bestimmt, so sind emnach die drei andern von selbst als diejenigen gegeben, die auf dem ach Einheiten der Unterschiedsempfindlichkeit construirten Farbenkreis m je 90° von einander entfernt sind. Die Bedeutung der Hauptfarben iegt dann darin begründet, dass dieselben in der Curve, welche den Gang ler Unterschiedsempfindlichkeit für die verschiedenen Wellenlängen des ichtes darstellt, eine ausgezeichnete Stellung einnehmen.

---

[1]) Ueber die Breite, die hierbei dem Purpur zu geben wäre, vergl. S. 378 Anm.

Diese Bedeutung lässt sich auch noch in folgender Weise zur Darstellung bringen. Man denke sich die Bogenstücke des Farbenkreises, durch welche die Unterschiedsempfindlichkeit gemessen wird, in senkrechte Ordinaten verwandelt und auf eine Abscissenlinie aufgetragen, deren Einheiten eben merkliche Unterschiede der Empfindung sind. Jede Ordinate soll demnach jenem Unterschied der Wellenlängen, welcher eine eben merkliche Aenderung der Empfindung herbeiführt, umgekehrt proportional sein. Man erhält so eine Curve ungefähr von der Form, wie sie in Fig. 89 dargestellt ist. Dieselbe erhebt sich beim Roth, erreicht beim Gelb ihr erstes Maximum, fällt dann im Grün zu einem relativen Minimum, steigt im Blau zu einem zweiten Maximum und sinkt endlich im Violett wieder. Die drei ausgezeichneten Punkte dieser Curve entsprechen den drei gegen die Mitte des Spektrums gelegenen Hauptfarben, die vierte wird durch die einen übereinstimmenden Farbenton gebenden Anfangs- und Endpunkte gewonnen. Auch die Form dieser Curve macht deutlich, dass die Farbenlinie an und für sich zwischen endlichen Grenzen eingeschlossen ist, im Unterschied von der Tonlinie, bei welcher der logarithmische Gang der Function zeigt, dass man sich die Abstufung der Empfindung nach beiden Seiten in's unendliche fortgesetzt denken kann.

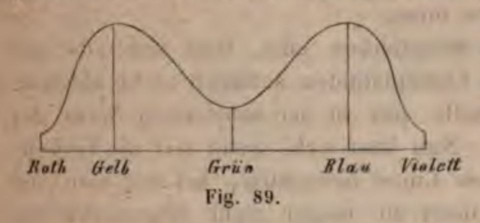


Fig. 89.

Als **Sättigung** der Farbe haben wir jene Eigenthümlichkeit der Lichtempfindung bezeichnet, welche durch die mehr oder weniger bedeutende Beimengung weissen Lichtes zu einer reinen Spektralfarbe bedingt wird. Das Weiss selbst lässt sich daher als der geringste Grad der Sättigung betrachten, und als gleichbedeutend mit Weiss müssen in dieser Beziehung dessen verschiedene Intensitätsabstufungen, Grau und Schwarz, gelten. Der Begriff einer gesättigten Empfindung ist übrigens kein vollkommen feststehender, denn er ist von unserer wechselnden Empfindlichkeit abhängig. Ist z. B. unser Auge für Licht von einer gewissen Farbe abgestumpft, so kann uns eine geringe Beimengung derselben entgehen: es kann also ein etwas gefärbtes Licht vollkommen weiss erscheinen. Auf der andern Seite besitzen die Empfindungen, welche die reinen Spektralfarben im unermüdeten Auge erzeugen, nicht die grösste Sättigung, welche einer Farbe überhaupt zukommen kann. Haben wir z. B. unser Auge für grünes Licht ermüdet, so erscheint das spektrale Roth in den ersten Augenblicken der

Betrachtung gesättigter, als es gewöhnlich vom unermüdeten Auge gesehen wird. Der Begriff der Sättigung ist also ein Grenzbegriff, dem sich unsere realen Empfindungen mehr oder weniger annähern können, ohne dass von einer bestimmten Empfindung sich sagen liesse, dass sie absolut gesättigt sei. Wenn wir die reinen Spektralfarben, wie sie dem unermüdeten Auge erscheinen, zum Maass gesättigter Farbenempfindungen nehmen, so hat dies nur die Bedeutung, dass sie unter unsern wirklichen Empfindungen in der That im allgemeinen am meisten gesättigt sind. Weiss, Grau oder Schwarz aber nennen wir alle jene Empfindungen, in denen keine farbige Beimengung mehr wahrnehmbar ist, und wir sehen hierbei ganz davon ab, ob die objective Beschaffenheit solchen Lichtes der des Sonnenlichtes entspricht. Im Gegentheil muss von vornherein betont werden, dass nicht nur das gemischte Sonnenlicht unter gewissen Umständen, die grossentheils von der wechselnden Empfindlichkeit des Auges abhängen, farbig, sondern dass auch anderes Licht, welchem einzelne Wellenlängen des Sonnenlichtes fehlen, weiss gesehen werden kann. Das Weiss ist lediglich eine Sache unserer Empfindung und kann daher auch nur nach dieser bemessen werden.

Die gewöhnliche Weise, durch welche aus gesättigten Empfindungen solche von geringerem Sättigungsgrade entstehen, besteht in der **Mischung der gesättigten Farben**. Es ist dies zugleich der einzige Weg, auf welchem, wenn die Empfindlichkeit der Netzhaut ungeändert bleibt, die Sättigung der Empfindung ohne gleichzeitige Aenderung der Reizstärke geändert werden kann, der einzige also, der hier überhaupt in Frage kommt, da uns der Einfluss der Empfindungsintensität auf die Qualität der Farbenempfindung erst später beschäftigen soll.

Eine Mischung gesättigter oder nahehin gesättigter Farben lässt sich nach verschiedenen Methoden bewerkstelligen. Man kann entweder direct Spektralfarben mischen, indem man die einzelnen Strahlen des prismatischen Spektrums wieder durch Brechung vereinigt, oder man kann das von Pigmenten reflectirte Licht mischen, wobei freilich die in die Mischung eingehenden Componenten niemals die Sättigung der Spektralfarben besitzen. Statt der directen Mischung der Aetherwellen lassen sich aber auch gleichsam die Empfindungen mischen, indem man mittelst des Farbenkreisels in sehr rascher Zeitfolge auf eine und dieselbe Stelle der Netzhaut verschiedenartige Eindrücke einwirken lässt. Nach allen diesen Methoden findet man zunächst, dass die Mischung aller Spektralfarben in dem Intensitätsverhältniss, wie sie das Sonnenspektrum darbietet, Weiss erzeugt, eine Thatsache, welche nur den aus der Zerlegung des gemischten Sonnenlichtes in die einzelnen Spektralfarben folgenden Schluss bestätigt. Man findet aber ferner, dass derselbe Erfolg durch eine geringere Anzahl, ja bei

geeigneter Wahl durch zwei einfache Farben bereits herbeigeführt werden kann. Zwei Farben, die im Spektrum einander nahe stehen, geben nämlich zusammen gemischt einen Farbenton, der auch in der Reihe der Spektralfarben zwischen ihnen gelegen ist; dieser nimmt, wenn die Farben weiter auseinander rücken, allmälig eine weissliche Beschaffenheit an, und bei einem bestimmten Unterschiede der Mischfarben geht, wenn dieselben in den geeigneten Intensitätsverhältnissen zusammenwirken, die resultirende Farbe in Weiss über. Wählt man die Distanz der Spektralfarben noch grösser, so entsteht dann wieder eine Farbe, diese liegt aber nicht mehr in der Mitte zwischen den beiden Mischfarben, sondern zwischen der zweiten (brechbareren) Farbe und dem Ende des Spektrums, oder sie ist, wenn die Enden des Spektrums selber gemischt werden, Purpur. Jene Farben nun, welche in den geeigneten Intensitätsverhältnissen mit einander gemischt Weiss geben, nennt man Ergänzungsfarben (Complementärfarben). Auf diese Weise findet man, dass

Roth und Grünblau,
Orange und Blau,
Gelb und Indigblau,
Grüngelb und Violett

einander complementär sind [1]). Das Grün des Spektrums hat keine einfache Farbe sondern Purpur zur Cemplementärfarbe. Aus dieser Zusammenstellung folgt nach dem obigen von selbst, dass Roth mit einer vor Grünblau gelegenen Farbe, z. B. Grün, gemischt, je nachdem Roth oder Grün mehr überwiegt, successiv Orange, Gelb, Gelbgrün gibt, dass dagegen Roth mit Blau gemischt Indigblau oder Violett hervorbringt, und ähnlich bei den übrigen Farben. Aus diesen Thatsachen lassen sich nun sogleich Bedingungen entwickeln, durch welche die Gestalt der Farbenlinie, statt wie oben nach der Abstufung der Farbenempfindung, vielmehr nach dem gegenseitigen Verhalten der einzelnen einfachen Farben bei Mischungen näher bestimmt wird. Man kann z. B. die Farbenlinie so construiren, dass je zwei Complementärfarben durch eine gerade Linie von constanter Länge verbunden werden: dann wird sie wieder zu einem Kreise. In diesem entsprechen aber den einzelnen Farbentönen andere Bogenlängen, als wenn man, wie oben, die Unterschiedsempfindlichkeit zum Maasse nimmt. Sucht man ferner dem Mischungsgesetz einen quantitativen Ausdruck in der Farbencurve zu geben, so kann dies folgendermaassen geschehen. Man stellt die Bedingung, dass, wie im Farbenkreis, alle zwischen je zwei Complementärfarbenpaaren gezogenen Geraden in einem einzigen

1) Grassmann, Poggendorff's Annalen, Bd. 89, S. 78.

Punkte sich schneiden, dagegen sollen diese Geraden nicht mehr einander gleich sondern so bestimmt sein, dass die Entfernung je einer Complementärfarbe vom Durchschnittspunkt umgekehrt proportional ist der Intensität, in welcher sie, spektrale Sättigung vorausgesetzt, angewandt werden muss, um Weiss zu erzeugen; oder mit andern Worten: die Theile der Geraden, welche zu beiden Seiten des Durchschnitsspunktes liegen, sollen der complementären Wirksamkeit der entsprechenden Spektralfarben direct proportional sein. Unter dieser Bedingung erhält man die in Fig. 90 dargestellte Curve, welche einem Dreieck sich nähert, aber statt des Winkels an der Spitze (bei G) einen Bogen hat. Die Grundlinie zwischen R und V entspricht dem Purpur (P). W ist der Durchschnittspunkt aller Geraden, die je zwei Complementärfarben verbinden. Diese werden sämmtlich durch den Punkt W so getheilt, dass z. B. $V . VW = G' . G'W$ ist,

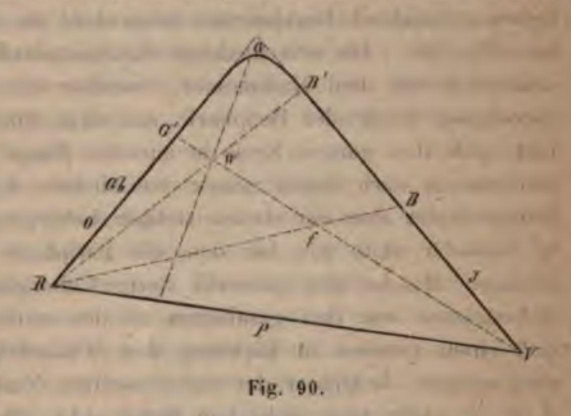


Fig. 90.

wenn V die Intensität des Violett, G' die des complementären Gelbgrün bedeutet, während VW und $G'W$ die geradlinigen Entfernungen der Punkte V und G' der Farbencurve von W bezeichnen. Man kann sich, wie dies schon NEWTON[1]) gethan hat, die in W zusammenlaufenden Linien als Hebelarme vorstellen, an welchen die einzelnen Farben als Gewichte wirken: dann bedeutet W den Schwerpunkt des Farbensystems, und die Bedingung für die Wahl complementärer Farbenintensitäten ist, dass diese als Kräfte betrachtet mit einander im Gleichgewicht stehen müssen.

Durch die hier gewählte Form der Curve wird noch eine weitere Thatsache ausgedrückt, die bei der Farbenmischung zur Geltung kommt. Mengt man nämlich zwei Spektralfarben, die nahe bei einander und zugleich nahe dem einen oder andern Ende des Spektrums liegen, so hat die resultirende Mischfarbe spektrale Sättigung. Spektrales Roth und Gelb ($R + Gb$) gemischt geben also ein spektrales Orange (O), ebenso spektrales Violett und Blau ($V + B$) ein spektrales Indigblau (J). Dies ist aber nicht mehr der Fall bei den Farben, die der Mitte des Spektrums, dem Grün, sich nähern. Hier entsteht durch die Mischung nahe stehender Farben immer ein minder gesättigter, also weisslicherer Farbenton, als ihn die zwischenliegende Spek-

[1]) Optice lib. I, pars II, prop. VI.

tralfarbe besitzt. Demgemäss verläuft die Curve einerseits vom Roth bis zum Gelbgrün (R bis G'), anderseits vom Violett bis zum Blaugrün (V bis B') geradlinig, in der Gegend des Grün aber ist sie gebogen.

Die Modificationen, welche der Farbencurve gegeben werden müssen, um das Verhalten der Farben in Mischungen auszudrücken, führen unmittelbar zur Ergänzung derselben durch die gleichzeitige Darstellung der möglichen Sättigungsgrade. Bleiben wir beim Farbenkreis stehen, so lässt sich der Mittelpunkt desselben, in welchem sich alle je zwei Complementärfarben verbindende Durchmesser schneiden, als der Ort des Weiss betrachten (Fig. 88). Die verschiedenen Sättigungsstufen einer Farbe liegen dann sämmtlich auf dem Halbmesser, welcher die der gesättigten Farbe entsprechende Stelle der Peripherie mit dem Mittelpunkte verbindet. Denkt man sich den ganzen Kreis in einzelne Ringe getheilt, so enthalten diese von aussen nach innen immer weisslichere Farbentöne, innerhalb jedes Ringes findet aber ein ebenso stetiger Uebergang der einzelnen Farbentöne in einander statt wie bei den die Peripherie einnehmenden gesättigten Farben. Man hat also zweierlei stetige Uebergänge: einen in Richtung des Halbmessers von den gesättigten zu den minder gesättigten Farbentönen, und einen zweiten in Richtung des Winkelbogens von eniem Farbenton zum andern. Je kleiner der auf denselben Winkelgrad fallende Bogen wird, d. h je mehr man sich dem Mittelpunkt nähert, um so kleiner werden die Unterschiede der Farbentöne, bis sie endlich im Mittelpunkt ganz aufhören, denn hier stellt das Weiss für alle Farben zugleich das Minimum der Sättigung dar. Wie demnach die Farbentöne für sich genommen ein Continuum von e i n e r, so bilden sie im Verein mit den Sättigungsgraden betrachtet ein Continuum von z w e i Dimensionen, und wie die K r e i s l i n i e die Farbentöne, so stellt die K r e i s f l ä c h e sie und ihre Sättigungen in der einfachsten Form dar. Auch hier reicht jedoch die Kreisfläche nicht aus, wenn die dargestellte Form zugleich die quantitative Seite des Mischungsgesetzes ausdrücken soll, sondern dann wird das Farbensystem durch die von der Curve in Fig. 90 umgrenzte Fläche versinnlicht. Der Schwerpunkt W ist hier der Ort des Weiss, und auf den Geraden, die von der Peripherie der Curve nach dem Punkte W gezogen werden, liegen die weisslichen Farbentöne. Die so gewonnene Farbenfläche hat dann nicht bloss für die Mischung der Complementärfarben zu Weiss, sondern überhaupt für die Entstehung beliebiger Mischfarben aus einfachen Farben ihre Bedeutung. Der an der Stelle f gelegene Farbenton z. B. wird durch Mischung zweier Farben R und B erhalten, deren Intensitätsverhältniss durch die Gleichung $R. Rf = B. Bf$ gegeben ist; der nämliche Farbenton kann aber noch aus andern Farben, deren Verbindungslinien sich in f schneiden, gewonnen werden, z. B. aus V und G', wobei wieder $V. Vf = G'. Gf$

sein muss. Hierin liegt auch der Grund, dass, wie oben bemerkt, die einfache Farbenlinie geradlinig bleiben muss, so lange die aus der Mischung zweier Spektralfarben hervorgehende mittlere Farbe eine spektrale Sättigung besitzt. Denn in diesem Fall muss eben die gerade Verbindungslinie der gemischten Farben mit der Farbenlinie selbst zusammenfallen, während sie, wo die Mischfarbe weisslich ist, nach einwärts von der Farbenlinie gegen die weisse Mitte zu gelegen ist. Dies kann aber nur eintreten, wenn die Farbenlinie einen gekrümmten Verlauf hat. Letzteres ist also in der Nähe des Grün vorauszusetzen, weil hier aus der Mischung nahe gelegener spektraler Farben weissliche Mischfarben hervorgehen. Aus dem obigen Grunde ist auch die dem Purpur entsprechende Verbindungslinie als eine Gerade anzusehen: die Mischung von spektralem Roth und Violett erzeugt nämlich niemals weissliche Farbentöne.

Aus den Erscheinungen der Farbenmischung geht hervor, dass zur Erzeugung aller möglichen Farbenempfindungen keineswegs alle möglichen Arten objectiven Lichtes erforderlich sind, sondern dass hierzu eine beschränktere Zahl von Farbentönen genügt. Diejenigen Farben, welche durch Mischung in wechselnden Mengeverhältnissen alle möglichen Farbenempfindungen sowie die Empfindung Weiss hervorbringen können, hat man die G r u n d f a r b e n genannt. Sowohl aus der Betrachtung der Complementärfarbenpaare wie aus der Gestalt der nach den Mischungserscheinungen construirten Farbentafel erhellt, dass es d r e i solche Grundfarben gibt. Die Liste der Ergänzungsfarben zeigt nämlich, dass die zwei an den entgegengesetzten Enden des Spektrums gelegenen einfachen Farben, Roth und Violett, nahe bei einander gelegene Complementärfarben, Grünblau und Grüngelb, besitzen. Nun muss die Addition von zwei Complementärfarbenpaaren, wie Roth + Grünblau und Violett + Grüngelb, ebenfalls Weiss geben, die Mischung von Grünblau und Grüngelb gibt aber einen grünlichen Farbenton. Der Addition jener beiden Complementärfarbenpaare wird man also die Mischung der d r e i Farben Roth, Violett und Grün substituiren können. Ferner kann man alle zwischen Roth und Grün gelegenen Farben durch Mischung von Roth und Grün, ebenso alle zwischen Violett und Grün gelegenen durch Mischung von Violett und Grün erhalten, während Roth und Violett zusammen Purpur geben. Es ist also klar, dass man aus Roth, Grün und Violett Weiss, die spektralen Farbentöne und Purpur, sowie deren Sättigungsgrade, d. h. alle möglichen Licht- und Farbenempfindungen gewinnen kann. Das nämliche erhellt aus der Betrachtung der Farbentafel in Fig. 90, in der die Lage der Farben am Anfang und am Ende des Spektrums auf den zwei einen Winkel bildenden Seiten offenbar bedeutet, dass die Mischung je einer Endfarbe des Spektrums mit jener mittleren Farbe, welche an die Stelle des Winkels zu liegen kommt,

die im Spektrum zwischenliegenden Farbentöne erzeugt. Jene winkelständige Farbe selbst, das Grün, ist aber zu Purpur, der Mischung der beiden endständigen Farben, complementär: auch diese Construction führt also auf Roth, Grün und Violett als Grundfarben.

Nimmt man bloss auf den Farbenton, nicht auf den Sättigungsgrad Rücksicht, so lassen sich auch noch aus andern als den drei angegebenen Farben Weiss, Purpur und die spektralen Farbentöne herstellen. So geben z. B. Roth, Grün und Blau oder Orange, Grün und Violett, überhaupt je drei Farben, welche, wenn man sie durch gerade Linien verbindet, einen Raum umschliessen, der Weiss und alle im Weiss zusammenmündenden Farbentöne in sich fasst, alle möglichen Farbenempfindungen. Aber in diesen Fällen sind alle Mischfarben weisslich. Die drei oben angegebenen Grundfarben zeichnen sich also dadurch aus, dass durch sie nicht nur überhaupt alle möglichen Farbentöne, sondern die meisten auch in spektraler Sättigung hervorgebracht werden können. Die Combination Roth, Grün und Blau nähert sich dieser Bedingung ebenfalls in hohem Grade, da Blau und Roth bei bedeutendem Uebergewicht der ersteren Farbe indigblaue und violette Farbentöne von ziemlich vollkommener Sättigung ergeben. Indem man von der Vermuthung ausgieng, die Grundfarben seien zugleich Hauptfarben in dem früher (S. 378) angegebenen Sinne, hat man daher häufig bei der Construction der Farbentafel der zuerst von Newton aufgestellten Combination Roth, Grün und Blau den Vorzug gegeben [1]). Die Versuche über Mischung der Spektralfarben scheinen aber für die von Thomas Young aufgestellte Verbindung Roth, Grün und Violett zu entscheiden [2]). Aber auch durch die Mischung dieser drei Farben kann man nicht alle einfachen Farben in vollkommen spektraler Sättigung erhalten, sondern nur gegen den Anfang und gegen das Ende des Spektrums lässt sich in der unmittelbaren Empfindung nicht entscheiden, ob eine gegebene Farbe wirklich einfach, oder ob sie aus einer im Spektrum voran- und aus einer nachstehenden Farbe gemischt ist. Die in der Nähe des Grün aus zwei benachbarten Farben hervorgehenden Mischungen sind dagegen immer weisslicher als die entsprechenden spektralen Farbentöne, wie dies hier der gebogene Verlauf der die Farbentafel umschliessenden Curve andeutet. Demnach kommt auch der Construction der Farbenempfindungen aus den drei Grundfarben nur ein Annäherungswerth zu. Sollte dieselbe

1) So noch Maxwell, Phil. transactions 1860 p. 57. Phil. mag. XXI. 1860. p. 14[illegible].

2) Das Violett hat Th. Young ursprünglich wohl nur wegen seiner ausgezeichneten Stellung am Ende des Spektrums dem Blau substituirt. Helmholtz folgte Young, wurde aber später durch Maxwell's Versuche schwankend (physiol. Optik S. 290, S. 84[illegible]). Der Angabe Maxwell's, dass Roth und Blau gesättigtes Indigblau und Violett liefern, ist jedoch zuletzt J. J. Müller entgegengetreten (Arch. f. Ophthalmologie XV, S. 248).

eine reale Bedeutung haben, so müssten die zwei gegen einander geneigten Linien der Farbencurve in einem wirklichen Winkel zusammenstossen. HELMHOLTZ hat, der Hypothese von TH. YOUNG folgend, für die drei Grundfarben diese Bedeutung dadurch zu retten gesucht, dass er sie als Grundempfindungen auffasste, welche an und für sich nicht nothwendig mit Farben des Spektrums zusammenfallen müssten, sondern sich in ihrem Sättigungsgrad von denselben möglicher Weise unterscheiden könnten. Nimmt man nun an, dass es drei Grundempfindungen gibt, welche dem Roth, Grün und Violett entsprechen, aber gesättigter sind als die mit diesen Namen belegten Spektralfarben, so lässt sich eine Tafel der Farbenempfindungen construiren, welche mit der Tafel der realen Farben nicht identisch ist, sondern dieselbe in sich schliesst. Nach der ursprünglichen Hypothese TH. YOUNG's, wonach jede Spektralfarbe alle drei den Grundempfindungen entsprechenden Nervenfasern erregt, nur je nach der Wellenlänge in verschiedenem Grade, würde kein einziger Grenzpunkt der ersten Tafel mit einem solchen der zweiten sich berühren, sondern zwischen jeder einfachen Farbe und der entsprechenden Grundempfindung würde noch ein Zwischenraum gesättigter Farbentöne existiren [1]. Nach den neueren Versuchen von MAXWELL und J. J. MÜLLER kommt nun aber für einen grossen Theil der Farbencurve die Mischfarbe der zwischenliegenden Spektralfarbe auch in ihrem Sättigungsgrade gleich, so dass einerseits vom Roth bis zum Gelbgrün und anderseits vom Violett bis zum Blaugrün ein vollständiges Zusammenfallen der beiden Curven anzunehmen, und erst in der Gegend des Grün die Tafel der Empfindungen durch das sich über die Farbencurve erhebende Winkelstück, welches in Fig. 90 punktirt angedeutet wurde, zu ergänzen wäre. In die Sprache der YOUNG'schen Hypothese übersetzt würde aber dies bedeuten, dass die Annahme einer Miterregung der beiden andern Nervenprocesse nur für das Grün, nicht für Roth und Violett erfordert wird [2]. Dass aber nur eine der drei Grundfarben eine solche Ausnahmestellung beansprucht, ist ein für diese Hypothese bedenklicher Umstand, mögen wir sie nun in ihrer ursprünglichen Form adoptiren oder den dreierlei Nervenfasern drei Nervenprocesse substituiren. Die Thatsache, dass gerade für die mittlere der drei Grundfarben jene Ausnahme nöthig wird, weist vielmehr auf eine andere Erklärung hin, welche die

[1] Nach dieser Voraussetzung ist in der That von HELMHOLTZ in seiner Fig. 120 (physiol. Optik S. 292) die Farbentafel in die hypothetische Tafel der Grundempfindungen eingetragen worden.

[2] Man könnte zwar für letzteres noch die Thatsache anführen, dass die für Grün ermüdete Netzhaut das spektrale Roth oder Violett gesättigter empfindet als gewöhnlich, aber dies erklärt sich hinreichend aus den unten zu besprechenden Gesetzen des Contrastes.

Beziehung zwischen Empfindung und Reiz nicht auf eine Mischung disparater Vorgänge zurückführt, von denen völlig dunkel bleibt, wie sie sich zu einem einfachen und stetig abgestuften Erfolg combiniren sollen. Betrachten wir nämlich, was an und für sich viel näher liegt, auch hier die Qualität der Empfindung als unmittelbare Function eines möglicher Weise sehr complexen, aber immerhin einheitlichen Nervenprocesses, so lässt die Erfahrung, wonach alle Farbentöne und ihre Sättigungsgrade ein Continuum bilden, vermuthen, der zu Grunde liegende Nervenprocess stufe ebenfalls continuirlich sich ab. Das Mischungsgesetz fügt hierzu die beiden Sätze: 1) dass Wellenlängen, die auf der einen oder andern Seite von der Mitte der empfindbaren Farben gelegen sind, mit einander gemischt Empfindungen erzeugen, welche zwischenliegenden Wellenlängen entsprechen, und 2) dass Wellenlängen, die um die Mitte (G) der empfindbaren Farben oder nach verschiedenen Seiten von derselben liegen, weissliche Farbentöne oder Weiss hervorbringen. Unter der Voraussetzung, dass gleichen Empfindungen gleiche Nervenprocesse zu Grunde liegen, zeigt der erste dieser Sätze an, die Abhängigkeit des Nervenprocesses von der Lichtbewegung sei bei den grössten und den kleinsten Wellenlängen eine solche, dass der aus zwei verschiedenen, aber auf derselben Hälfte des Spektrums gelegenen Wellenlängen resultirende Nervenprocess identisch ist mit demjenigen Vorgang, den die Reizung mit Wellenlängen von der zwischenliegenden Grösse erzeugt. Gegen die Mitte des Spektrums gilt dies aber nur noch, wenn die gemischten Wellenlängen um sehr kleine Grössen von einander verschieden sind, so dass das betreffende Stück der Farbencurve als geradlinig betrachtet werden kann. Hiernach lässt sich nun der zweite Satz des Mischungsgesetzes einfach auch so ausdrücken: für jeden Theil der Farbencurve gibt es einen gewissen Grenzwerth des Farbenunterschieds, bei welchem die resultirende Farbe eine verminderte Sättigung zeigt. Diese verminderte Sättigung nimmt hierauf zuerst bis zu einem Maximum zu, dem vollständigen Weiss (dem Punkt der Complementärfarbe entsprechend), und dann wieder ab, womit sich die Farbencurve als eine in sich zurücklaufende kundgibt. Jener Grenzwerth des Farbenunterschieds, der die verminderte Sättigung eben anzeigt, ist nun ein Maximum für den Anfang und für das Ende des Spektrums, ein Minimum für die Mitte desselben. Hierin spricht sich offenbar ein gesetzmässiger Gang der Function aus. Wo die Farbenempfindung beginnt, und wo sie wieder aufhört, da ist es zwischen weiteren Grenzen möglich, durch Mischung von Wellenlängen Empfindungen zu erzeugen, die zwischenliegenden Wellenlängen entsprechen. Dies wird aber begreiflich, wenn wir uns erinnern, dass sich im Anfang und am Ende des Spektrums die Empfindung und, wie wir demzufolge schliessen müssen, auch der Nervenprocess, sehr viel langsamer

ndert als gegen die Mitte desselben[1]. Einen solchen Gang der Function ird man nun nicht umhin können als einen gewissermaassen natürlichen nzusehen, da derselbe nur ausdrückt, dass unser Sinnesorgan bei jenen eizen, welche von der unteren und oberen Grenze der Reizbarkeit unfähr gleich weit entfernt sind, am genauesten der Abstufung der äussern eize folgt. Dazu macht endlich die vorausgesetzte Correspondenz von mpfindung und Nervenprocess noch die weitere Annahme erforderlich, dass er letztere an der untern und obern Grenze der Empfindung eine ähnche Beschaffenheit besitze, so dass, wenn man die aus beiden Grenzizen resultirenden Vorgänge hinzunimmt, auch der Nervenprocess wieder n seinem Ausgangspunkte zurückkehrt.

Das Mischungsgesetz, nach welchem wir durch Licht von dreierlei Vellenlängen Licht- und Farbenempfindungen, die allen möglichen Wellenngen entsprechen, in annähernder Vollständigkeit hervorbringen können, eruht also im Grunde wesentlich darauf, dass die Beziehung zwischen Vervenprocess und Reiz fortwährend in einer und derselben Richtung sich ndert, ausgenommen an der Stelle des oben bezeichneten Wendepunktes. Wir können uns diesen Gang der Function auch folgendermaassen verauschaulichen. Wir denken uns den Punkt W der Farbentafel (Fig. 90) ls Mittelpunkt eines Polcoordinatensystems, denken uns also von diesem Punkte Radien nach allen möglichen Stellen der Farbencurve gezogen und die Winkel, welche dieselben mit einander bilden, vom Radius WR an gezählt, so dass die positiven Werthe derselben in der Richtung des Verlaufs der spektralen Farbencurve wachsen. Die Zunahme des Polarwinkels soll der Abnahme der Wellenlänge von der Grenze des äussersten Roth ab entsprechen. Da die den kürzesten Wellenlängen zugehörigen Empfindungen les Violett sich wieder der Empfindungsgrenze der grössten Wellenlänge nähern, so muss die Curve in der Gegend der Mitte des Spektrums einen Wendepunkt haben, und nach dem Mischungsgesetz für die Wellenlängen on Roth bis Gelbgrün und von Grünblau bis Violett müssen die beiden egen den Wendepunkt verlaufenden Schenkel der Curve einen nahehin eradlinigen Verlauf nehmen. Die so gewonnene Curve besitzt also im lgemeinen die Gestalt der Farbenlinie in Fig. 90. Die nach unten zwischen n Radien WR und WV gelegenen Winkelwerthe können entweder als lche, welche die obere Empfindungsgrenze überschreiten, oder als solche, elche die untere nicht erreichen, betrachtet werden: die hier liegenden npfindungen können nicht mehr durch einfache ultrarothe oder ultra-

[1]) Zwar liegt im Grün noch einmal, wie wir gesehen haben, ein relatives Minimum, ses kommt aber gegen die bedeutende Abnahme der Unterschiedsempfindlichkeit im h und Violett gar nicht in Betracht, es kann mit der starken Krümmung der Farbenve zwischen den beiden Stellen G' und B' (Fig. 90) zusammenhängen.

violette Wellenlängen, sondern nur durch Mischung rother und violetter Strahlen hervorgebracht werden; durch sie wird dann die Curve der einfachen Farbenempfindungen eine in sich geschlossene. Mit diesem in dem Zurücklaufen der Farbenlinie begründeten Gang der Function stehen nun aber auch die weiteren Mischungserscheinungen, die hauptsächlich in der Existenz der Complementärfarbenpaare ihren Ausdruck finden, in Verbindung. Nicht gesättigt ist vermöge der Form der Farbencurve immer die Empfindung, die aus der Mischung solcher Farben hervorgeht, zwischen denen die Curve nicht geradlinig verläuft. Da nun die ganze Curve in sich geschlossen ist, so muss es für jeden Punkt der Farbenlinie einen zweiten Punkt geben, bei welchem die Sättigung der Mischfarbe auf ein Minimum gesunken ist, um bei weiterem Fortschritt sich wieder in entgegengesetztem Sinne zu ändern. Dieses Minimum der Sättigung oder die Empfindung Weiss wird für zwei Punkte dann vorhanden sein, wenn der zwischen ihnen gelegene Theil der Curve das Maximum der Richtungsänderung erreicht hat, d. h. wenn die von W aus gezogenen Radiusvectoren mit einander einen Winkel von 180° bilden. Auf diese Weise gelangen wir zu derselben Bestimmung des Ortes der Complementärfarben wie früher.

Statt des Mischungsgesetzes liesse sich der Construction der Farbenfläche noch ein anderes Verhältniss zu Grunde legen, durch welches dieselbe zu einem directeren Ausdruck des Systems unserer Lichtempfindungen wird. Wie sich nämlich die Farbenlinie nach der Abstufung der Unterschiedsempfindlichkeit für Farbentöne eintheilen lässt, so kann man auch die Abmessungen der Farbenfläche nach der Unterschiedsempfindlichkeit für Sättigungsgrade ausführen. Eine Farbe, die eine grössere Zahl eben merklicher Abstufungen durchläuft, bis sie in Weiss übergeht, würde hiernach in grössere Entfernung von dem Punkte der Farbentafel, welcher dem Weiss entspricht, zu verlegen sein. Directe Messungen hierüber besitzen wir nicht. Es ist aber wohl anzunehmen, dass diejenigen einfachen Farben, welche durch eine geringere Menge von zugemischtem Weiss in ihrer Sättigung merklich geändert werden, an und für sich eine grössere Sättigung besitzen, also auch in grössere Entfernung von dem Weiss verlegt werden müssen. So findet man denn in der That, dass die verschiedenen Spektralfarben von sehr verschiedener Sättigung sind. Violett und Blau sind z. B. gesättigter als Roth, dieses ist wieder gesättigter als Orange und Gelb. Die erstgenannten Farben zeigen daher auch bei einer geringeren Zumischung von Weiss schon eben merkliche Unterschiede der Sättigung[1]. Nun verhalten sich aber die Farben, wenn sie zu Mischungen benutzt werden, in völlig entsprechender Weise. Von einer gesättigteren Farbe,

[1] Aubert, Physiologie der Netzhaut S. 145.

also z. B. von Blau, ist eine geringere Quantität erforderlich, um eine merkliche Farbenänderung der Mischung hervorzubringen, als von einer minder gesättigten Farbe, z. B. von Gelb, und ebenso muss, wenn eine gesättigte und eine weniger gesättigte Farbe zusammen complementär sind, von der ersteren weniger genommen werden, um Weiss zu erzeugen. Wenn man die Abstufungen der Sättigung zu Grunde legt, so muss also dem Weiss ungefähr dieselbe Stelle angewiesen werden, die es nach den Mischungsversuchen einnimmt, und auch in ihrer allgemeinen Gestalt wird die Farbentafel mit der nach dem Mischungsgesetze construirten wahrscheinlich übereinstimmen. Denn je weiter in der Fig. 90 eine Farbe vom Weiss entfernt ist, um so gesättigter ist dieselbe, und eine um so grössere Zahl von Stufen zwischen Weiss und dem gesättigten Farbenton lassen daher auf der das Weiss mit dem peripherischen Punkt verbindenden Geraden sich auftragen.

Aus der Form der Farbentafel lässt endlich noch ein wesentlicher Unterschied zwischen Sättigungsgrad und Farbenton sich erkennen. Während nämlich die Farbentöne eine in sich zurücklaufende Linie bilden, haben die Sättigungsgrade nur einen fest bestimmten Endpunkt, das Weiss: die von hier ausstrahlenden Radien können aber beliebig über die Fläche der realen Farben hinaus verlängert gedacht werden. In der That können wir uns irgend einen Farbenton nicht nur gesättigter vorstellen, als er im Spektrum ist, sondern wir können sogar unter Umständen solche gesättigtere Empfindungen hervorbringen, indem wir nämlich das Auge zuvor für die complementären Farbentöne ermüden [1]. Der Sättigungsgrad der Spektralfarben bildet also nur eine thatsächliche, an und für sich schon vermöge der wechselnden Reizbarkeit der Netzhaut etwas veränderliche Grenze, über die hinaus ein jeder im Weiss der Farbentafel beginnende Farbenstrahl, ebenso wie die Tonlinie über ihre obere oder untere Grenze, in's unendliche fortgesetzt gedacht werden kann. Dies führt uns auf eine allgemeinere Darstellungsform für das System der Farben und ihrer Sättigungsgrade, als die oben gegebene ist. Denkt man sich nämlich in der Farbenfläche der Fig. 90 ein anderes System von Farbenempfindungen construirt, welchem als Empfindungen von grösster Sättigung solche Farben entsprechen, die einen geringeren Sättigungsgrad als die Spektralfarben besitzen, so wird dieses neue System durch eine Curve umgrenzt, welche der Curve *RGV* ähnlich ist, und in welcher *W* wieder die nämliche relative Lage zu den einzelnen Punkten der Grenzcurve einnimmt. Von den einzelnen Linien *WR*, *WV* u. s. w. muss man also Stücke abziehen, die ihrer Grösse proportional sind, um die neue Curve zu erhalten. Die Veränderungen,

[1] Siehe oben S. 381.

welche die Farbencurven bei geändertem Sättigungsgrad successiv erfahren müssen, um fortan ein zusammengehöriges System mit richtiger Abmessung der complementären Farbentöne zu bilden, lassen sich daher darstellen, wenn man sich alle Farbentöne mit ihren Sättigungsgraden auf einer Kegeloberfläche abgetragen denkt, von der das System der Spektralfarben ein horizontaler Durchschnitt ist. Von hier aus kommen, gegen die Spitze des Kegels, Farbentöne von immer geringerer Sättigung, die in der Spitze selbst in Weiss übergehen; weiter gegen die Basis aber, welche letztere man sich unendlich entfernt denken kann, wird man zu Farbensystemen von überspektraler Sättigung gelangen. Somit bilden die Farbentöne sammt ihren Sättigungsgraden ein Continuum von zwei Dimensionen, das, wenn man die einfachste Form wählt, als ein ebenes Continuum von begrenztem Umfang dargestellt werden kann, und dessen Grenze durch die Linie der spektralen Farbentöne gebildet wird. In seiner allgemeinsten Form und mit Rücksicht auf die ideale Möglichkeit unendlich vieler Sättigungsgrade bildet aber das System der Farben eine gekrümmte Oberfläche mit wechselndem Krümmungsmaass, also ein nicht-ebenes Continuum von zwei Dimensionen, welches desshalb in dem unserer Anschauung gegebenen Raum nur unter Zuhülfenahme der dritten Dimension dargestellt werden kann [1].

Die Intensität der Lichtempfindung darf innerhalb gewisser Grenzen als ein von Farbenton und Sättigung unabhängiger Bestandtheil angesehen werden, da eine nach Farbe und Sättigungsgrad bestimmte Empfindung verschiedene Grade der Stärke besitzen kann. Zwar werden wir sogleich sehen, dass dieser Satz wesentliche Einschränkungen erfährt. Betrachten wir aber vorläufig die Lichtstärke als eine für sich veränderliche Grösse, so ist klar, dass dieselbe dem nach zwei Dimensionen construirten Continuum der Farben die dritte hinzufügt. Beschränkt man sich auf die unser gewöhnliches Empfindungssystem vollständig darstellende ebene Farbentafel, wie sie nach der Abstufung der Farben in Ton und Sättigung oder nach dem Mischungsgesetze construirt werden kann, so lässt sich die einer jeden Lichtqualität entsprechende Abstufung der Intensität als eine der Farbentafel an der betreffenden Stelle aufgesetzte senkrechte Linie darstellen. Nehmen wir die einfachste Form, den Kreis, und beginnen wir mit dem das Weiss darstellenden Mittelpunkt (Fig. 88), so wird also die hier aufgesetzte Senkrechte alle Stufen des Weiss durch Grau bis zum Schwarz andeuten. Wollte man ein Maassprincip zu Grunde legen, so würde man auch hier die eben merklichen Unterschiede als Maasseinheiten

[1] Vergl. hierzu die Lehre vom Raum in Cap. XVI.

betrachten müssen. Die Unterschiedsempfindlichkeit für die Helligkeit der Farben ist nun, analog der Unterschiedsempfindlichkeit für den Farbenton, in der Mitte des Spektrums am grössten und nimmt von da nach beiden Enden, am meisten aber im Roth, ab. Aus den Versuchen von LAMANSKY[1]) ergeben sich nämlich folgende Werthe der Unterschiedsschwelle:

Im Roth	Orange	Gelb	Grün	Blau	Violett[2])
$\frac{1}{70}$	$\frac{1}{78}$	$\frac{1}{286}$	$\frac{1}{286}$	$\frac{1}{212}$	$\frac{1}{169}$

Für weisses Licht schwanken, wie wir früher in Cap. VIII gesehen haben, die Bestimmungen von $\frac{1}{100}$ bis $\frac{1}{167}$[3]); die hier geltende Zahl scheint also zwischen den für die Farben gewonnenen äussersten Werthen ungefähr in der Mitte zu stehen.

Versucht man es nun, die Intensitätsabstufungen aller Farben und ihrer Mischungen als eine der Farbenfläche hinzugefügte Höhendimension zu behandeln, so stellt sich aber alsbald heraus, dass diese Construction nicht für jede Qualität unabhängig durchgeführt werden kann. Die Empfindung Roth z. B. wird bei Abschwächung der Lichtintensität nicht bloss in ihrer Stärke sondern immer zugleich in ihrem Farbenton und in ihrer Sättigung vermindert, bis sie endlich in Schwarz, also in dieselbe Empfindung übergeht, welche der geringsten Intensität des weissen Lichtes entspricht. Das nämliche stellt sich bei allen andern Farbenempfindungen, welchen Ton und welchen Sättigungsgrad sie auch besitzen mögen, heraus. Nur die Grenze der Lichtstärke, bei welcher der qualitative Unterschied der Empfindung aufhört, ist für die einzelnen Farben eine etwas verschiedene, indem, wie früher (S. 290) bereits bemerkt wurde, die blauen Farbentöne erst bei einer geringeren Lichtintensität in Schwarz übergehen als die rothen und gelben. Das System der Farbenempfindungen kann daher, wenn man dieselben von der ihnen im Spektrum zukommenden Intensität an allmälig bis zum Minimum ihrer Stärke verfolgt, nicht durch einen Cylinder sondern, falls man den Kreis als Farbentafel benützt, nur durch einen Kegel mit kreisförmiger Basis dargestellt werden, dessen Spitze dem Schwarz entspricht. In den einzelnen parallel zur Basis geführten Schnitten folgen dann von unten nach oben die lichtschwächeren Farben und in der Mitte das Grau in stetiger Abstufung auf einander. In analoger Weise lassen sich auch diejenigen Veränderungen darstellen, welche die Lichtempfindung erfährt, wenn die objective Lichtstärke nicht vermindert, sondern vermehrt wird. Die Beobachtung zeigt nämlich, dass es eine bestimmte Lichtstärke gibt, bei welcher die Sättigung der einfachen Farben des prismatischen Spektrums am grössten ist. Diese dem Maximum der

1) Archiv für Ophthalmologie XVII, I, S. 131.
2) Vergl. damit die Werthe der Unterschiedsschwelle für Farbentöne auf S. 378.
3) Seite 311.

Sättigung entsprechende Lichtintensität, welche wahrscheinlich nicht für alle Farben dieselbe ist, wurde bis jetzt noch nicht näher bestimmt. Fest steht aber, dass von derselben ausgehend der Sättigungsgrad nicht nur durch Abnahme sondern auch durch Zunahme der Lichtintensität sich vermindern kann. Wie im ersten Fall schliesslich alle Farben in Schwarz übergehen, so nähern sie sich im zweiten alle dem Weiss. Es kann hier aber allerdings dieses Minimum der Sättigung selbst nicht so leicht wie bei Abnahme der Beleuchtung erreicht werden, weil durch so bedeutende Lichtstärken das Organ Noth leidet. Der Grenzwerth ist also in diesem Fall eigentlich nur ein virtueller, welchem sich die wirkliche Empfindung wegen der begrenzten Reizempfänglichkeit der Netzhaut annähert, ohne ihm je vollständig gleich zu kommen. Denken wir uns demnach, der Farbenkreis stelle das System der Farbenempfindungen bei den dem Maximum der Sättigung entsprechenden Lichtstärken dar, so wird der dem Schwarz correspondirenden Spitze, in welcher bei verminderter Lichtstärke schliesslich alle Empfindungen zusammenlaufen, auf der andern Seite der Kreisfläche eine dem intensivsten Weiss entsprechende Spitze gegenüberliegen, in welcher sich bei gesteigerter Lichtstärke alle Empfindungen vereinigen. Das ganze System der Lichtempfindungen kann also durch einen Doppelkegel dargestellt werden, bei welchem der die beiden Kegelhälften begrenzende Kreis die Farben der grössten Sättigung enthält. Statt des Doppelkegels kann man natürlich auch eine Doppelpyramide oder, als einfachste Form, eine Kugel wählen, in deren Aequatorialebene die Farben der grössten Sättigung und die daraus durch Mischung herstellbaren Sättigungsstufen liegen, während der eine Pol dem intensivsten Weiss, der andere dem dunkelsten Schwarz entspricht, welche durch weitere Vermehrung oder Verminderung der Lichtstärke nicht weiter verändert werden können (Fig. 91). Auf der die beiden Pole verbindenden Linie sind alle möglichen Lichtabstufungen vom absoluten Weiss bis zum absoluten Schwarz gelegen[1]). Legt man statt des Farbenkreises diejenige Farbenfläche zu

---

[1]) Um bei der Construction des Farbensystems zugleich die Lichtstärken zu berücksichtigen, fügte zuerst Lambert der gewöhnlichen Farbentafel die dritte Dimension hinzu und construirte so eine Farbenpyramide, in deren Spitze er das Weiss verlegte. (Lambert, Beschreibung einer mit dem Calau'schen Wachse ausgemalten Farbenpyramide. Berlin, 1772.) Diese Construction fusst auf dem Uebergang aller Farbenempfindungen in Weiss bei verminderter Sättigung. Die Construction in einer Kugel, welche den Uebergang in Weiss und in Schwarz gleichzeitig darstellt, ist zuerst von dem Maler Philipp Otto Runge ausgeführt worden. (Die Farbenkugel oder Construction des Verhältnisses aller Mischungen der Farben zu einander. Hamburg 1810.) Auch die Construction einer Doppelpyramide der Farben hat derselbe angedeutet. (Ebend. S. 8.) Chevreul (exposé d'un moyen de définir et de nommer les couleurs. Paris, 1861. Atlas) theilt zehn Farbencirkel mit, in denen sehr schön die Uebergänge der gesättigten Farben zu Schwarz dargestellt sind. Eine besondere Figur (Taf. II) gibt für eine Farbe, das Blau, in 20 Abstufungen die Uebergänge einerseits in Schwarz und

Grunde, die sich aus dem Mischungsgesetz ergibt (Fig. 90), so wird das vollständige System der Farbenempfindungen durch eine von dieser Farbentafel aus construirte Doppelpyramide dargestellt. Nun haben wir gesehen, dass die nämliche Figur zugleich die Abstufungen der Sättigungsgrade versinnlicht, insofern die Farbentöne, die eine grössere Abstufung zulassen, weiter von dem Punkte des Weiss entfernt sind. Dasselbe Maassprincip lässt sich auch auf die Intensitätsabstufungen anwenden, indem man denjenigen Farben der Tafel, welche eine grössere Zahl von Lichtstufen durchlaufen, bis sie ins Schwarz übergehen, eine grössere geradlinige Entfernung vom Punkte des intensivsten Schwarz gibt, ebenso denjenigen, welche mehr Abstufungen bis zum Weiss durchlaufen, eine grössere Entfernung von diesem. Solches



Fig. 91.

sind aber in beiden Fällen die Farben von kleinerer Wellenlänge, wie aus der Thatsache hervorgeht, dass die blauen und violetten Farben bei einer geringeren Lichtstärke noch wahrgenommen werden, aber auch erst bei einer grösseren dem Weiss sich nähern, als die rothen und gelben. Wenn daher in der Doppelpyramide der Farben die Linie, welche Weiss und Schwarz verbindet, auf dem Punkte Weiss der Farbenfläche senkrecht steht, so gelangt diese Abstufung von selbst zum Ausdruck, da nun die Linien, welche von der Seite des Roth und Gelb zu den beiden Spitzen gezogen werden, kürzer sind als jene, die von den Endfarben des Spektrums ausgehen. Wollte man schliesslich nicht bloss die reellen, sondern die überhaupt denkbaren Sättigungsgrade berücksichtigen so würde dies zu einer Construction führen, welche geometrisch nicht mehr realisirt werden kann, da die Farbenfläche, zu der die dritte Dimension gefunden werden soll, eine krumme Oberfläche ist, ein nicht-ebenes Continuum von drei Dimensionen aber die Grenzen unserer Anschauung überschreitet [1].

Unsere reellen Lichtempfindungen bilden, wie aus dieser Darstellung hervorgeht, eine stetige Mannigfaltigkeit von drei Dimensionen. Der wesentlichste Unterschied desselben von dem System der Tonempfindungen

anderseits in Weiss. Alle diese Arbeiten verfolgen übrigens hauptsächlich künstlerische Interessen.

[1]) Vgl. Cap. XVI und oben S. 392.

besteht darin, dass es ein in sich geschlossenes Continuum ist, während die Tonlinie zwar vermöge der beschränkten Reizempfänglichkeit unserer Organe gewisse Grenzen hat, hiervon abgesehen aber ins unbegrenzte ausgedehnt gedacht werden kann. Diese Geschlossenheit des Farbensystems, welche in der Darstellung desselben durch eine geschlossene geometrische Form, Kugel oder Doppelpyramide, ihren Ausdruck findet, ist begründet einmal in der geschlossenen Form der einfachen Farbencurve, und sodann in der wechselseitigen Beziehung von Sättigung und Lichtstärke, welche von einander abhängige Bestimmungen der Empfindung sind. Durch diese Beziehung wird daher das ganze System der Lichtempfindungen ein in sich geschlossenes Raumgebilde von drei Dimensionen[1]. Jene Wechselbeziehung zwischen Sättigung und Lichtstärke ist die Ursache, dass wir in der reinen Empfindung Intensitäts- und Qualitätsunterschiede des Lichtes nicht sicher zu unterscheiden vermögen. So hielten die Alten und hielt noch GOETHE in seiner Farbenlehre Weiss und Schwarz nicht für Stärkegrade sondern für Grundqualitäten der Lichtempfindung. —

Aus der oben festgestellten Abhängigkeit der Farbenempfindung von der Lichtstärke erhellt, dass man von einer beliebigen Farbe zur Empfindung Weiss oder Schwarz auf doppeltem Wege gelangen kann: einmal durch Mischung des farbigen Lichtes mit andersfarbigem, wobei man am einfachsten die Complementärfarbe wählt, und sodann durch blosse Vermehrung oder Verminderung der Lichtstärke; im letzteren Fall wird aber immer zugleich die Stärke der Empfindung verändert. Hiermit stehen nun eine Reihe von Erscheinungen im Zusammenhang, welche wir auf eine veränderte Reizbarkeit der Netzhaut beziehen müssen, und welche ebenfalls für den Lichtsinn durchaus charakteristisch sind.

Für alle unsere Sinnesempfindungen gilt innerhalb gewisser Grenzen der in der physiologischen Mechanik der Nerven begründete Satz, dass ein

---

[1] Mit der Darstellbarkeit verliert dasselbe aber allerdings auch seine Geschlossenheit, wenn man sich nicht mehr auf die reellen Sättigungsgrade beschränkt, sondern die denkbaren hinzunimmt. Dies steht damit im Zusammenhang, dass die Sättigungsgrade und Intensitäten aus ganz anderem Grunde zwischen endlichen Grenzen eingeschlossen sind als die Farbentöne. Hier bilden die Empfindungen an sich eine geschlossene Curve, dort setzt nur das reale Verhältniss unseres Sinnesorgans zu den objectiven Reizen gewisse Grenzen. Zwar führt auch die Abhängigkeit der Sättigung von der Intensität zu den zwei den beiden Minimis der Sättigung entsprechenden Grenzen, welche den Polen des Weiss und Schwarz auf der Farbenkugel entsprechen. Aber statt der im Aequator aufgetragenen Maximalsättigungen der realen Farben lassen sich beliebig grössere Sättigungsgrade denken. Der Aequator kann also, wenn man sich diese Dinge durch eine geometrisch mögliche Construction versinnlichen will, etwa zu einem Cylinder von unbestimmter Länge ausgezogen vorgestellt werden, auf dessen beiden Grenzflächen sich erst die grössten Sättigungen der realen Farben befinden.

Reiz, der auf einen durch vorangegangene Erregung ermüdeten Nerven wirkt, denselben Erfolg hat, wie ein schwächerer Reiz, der den unermüdeten Nerven trifft. Dieser Satz hat nun da, wo Intensität und Qualität völlig von einander unabhängige Bestandtheile der Empfindung sind, z. B. bei den Tönen, durchaus keinen Einfluss auf die qualitative Bestimmtheit derselben. Anders ist es bei den Lichtempfindungen. Lassen wir eine Farbe, z. B. Roth, auf die Netzhaut einwirken, so verliert die Empfindung allmälig ihre qualitative Bestimmtheit, und sie nähert sich je nach der Lichtstärke dem Grau oder Schwarz, ja sie kann ganz in letzteres überzugehen scheinen. Dies lässt unmittelbar aus dem obigen Gesetz der Ermüdung sich ableiten, nach welchem die Empfindung nach längerer Dauer des Eindrucks allmälig dem Pol des Schwarz sich annähern muss. Die Ermüdung hat also hinsichtlich der Qualität der Empfindung den nämlichen Erfolg, den die Zumischung einer gewissen Quantität complementären Lichtes ausüben würde. Bleibt das Auge nicht auf dem Eindruck Roth ruhen, sondern geht es, nachdem derselbe merklich an Sättigung verloren hat, zu einem neuen Reize über, welcher dem gewöhnlichen weissen Lichte entspricht, so zeigt sich auch hier die Empfindung verändert. Die Netzhaut empfindet nun von den verschiedenfarbigen Strahlen, aus denen sich das Weiss zusammensetzt, die rothen in relativ verminderter Sättigung, d. h. so als wenn ihnen die Complementärfarbe beigemischt wäre: es sieht daher das Weiss in einer zu Roth complementären, also grünlichen Färbung[1]). Auf diese Weise erzeugt jeder Farbeneindruck, wenn er längere Zeit angedauert hat und dann weisses oder weissliches Licht auf die Netzhaut trifft, ein complementäres Nachbild. Für rothe Eindrücke ist dieses Nachbild grünblau, für violette grüngelb, für grüne purpurn u. s. w. gefärbt[2]). In den ersten Augenblicken nach einem stattgehabten Eindruck tritt jedoch das complementäre Nachbild in der Regel nicht sogleich oder wenigstens nicht in seiner vollen Stärke hervor, weil die Erregung der Netzhaut im allgemeinen den Reiz überdauert, so dass eine Empfindung von gleicher Beschaffenheit, ein gleichfarbiges Nachbild, zurückbleibt. Dieses letztere ist namentlich dann deutlich zu beobachten, wenn der Lichteindruck nur kurze Zeit gedauert hat: das gleichfarbige Nachbild vergeht in diesem Falle oft, ohne von einem complementären gefolgt zu sein. Hat dagegen der Reiz etwas länger eingewirkt, so ist zuerst das gleichfarbige Nachbild und dann das complementäre wahrnehmbar. Der Uebergang der gleichen in die complementäre Farbe wird beschleunigt, wenn der nachfolgende Lichteindruck eine bedeutende Helligkeit hat. Am deutlichsten

1) Fechner, Poggendorff's Annalen, Bd. 50, S. 200, 427.

2) Siehe die Complementärfarbenpaare auf S. 382.

und dauerndsten sind daher die gleichfarbigen Nachbilder im dunkeln Gesichtsfeld des geschlossenen Auges; doch geschieht auch hier jener Uebergang, indem die schwache Helligkeit des dunkeln Gesichtsfeldes immerhin analog einem äusseren Lichtreize wirkt.

Das complementäre Nachbild einer Farbe ist entweder positiv oder negativ. Positiv nennt man dasselbe, wenn es in gleicher Helligkeit wie der ursprüngliche Eindruck erscheint, negativ, wenn es in verminderter Helligkeit gesehen wird[1]). Bei weitem am häufigsten ist das complementäre Nachbild negativ, erscheint also dunkler als das Object. Dies erklärt sich, wenn man annimmt, dass es in der Regel auf Ermüdung, oder, wie wir es mit Rücksicht auf unsere Darstellung des Farbensystems ausdrücken können, darauf beruht, dass die Empfindung in Folge der abgestumpften Reizbarkeit dem Pol des Schwarz auf der Farbenkugel sich nähert. In manchen Fällen ist aber das complementäre Nachbild positiv, d. h. es scheint die gleiche oder eine grössere Helligkeit als das ursprüngliche Object zu besitzen. Man kann daher positiv gleichfarbige und positiv complementäre Nachbilder unterscheiden: die ersteren sind einfache Nachwirkungen der Reizung, während die letzteren auf einer Veränderung der Reizbarkeit beruhen. Die negativen Nachbilder sind stets complementär, und sie sind immer durch die Ermüdung verursacht. Die gewöhnliche Folge der Erscheinungen bei farbiger Lichtreizung ist daher, dass der Eindruck zunächst ein positiv gleichfarbiges Nachbild hinterlässt, welches dann in ein negativ complementäres übergeht. Wird die Netzhaut nicht mit farbigem, sondern mit weissem Lichte gereizt, so zeigt natürlich auch das Nachbild keine Farben- sondern bloss Helligkeitsunterschiede: es ist dann nur noch positiv oder negativ, ersteres, wenn es anscheinend gleiche, letzteres wenn es geringere Helligkeit als das ursprüngliche Object hat[2]).

---

[1]) Die gewöhnliche Definition lautet: positiv sind solche Nachbilder, in denen die hellen Partieen des Objects ebenfalls hell, die dunkeln dunkel erscheinen; negativ solche, in denen die hellen Partieen des Objects dunkler, die dunkeln heller erscheinen. (Helmholtz, physiol. Optik, S. 358.) Aber bei dem Nachbild einer weissen oder farbigen Fläche ist die Helligkeit der Umgebung lediglich durch den Contrast bestimmt. Ist das Nachbild eines hellen Objects hell, so erscheint daher durch Contrast seine dunklere Umgebung im Nachbild ebenfalls dunkel, ist das Nachbild aber dunkel, so erscheint durch den Contrast die Umgebung heller als im ursprünglichen Bilde. Ein ähnlicher Contrast findet nun auch dann statt, wenn im Objecte selbst hellere und dunklere Stellen wechseln. Die helleren Stellen sind es, die, weil von ihnen vorzugsweise die Lichtreizung ausgeht, zunächst die Nachwirkung der Erregung bestimmen. Will man daher die Nachbilderphänomene unabhängig von den Contrasterscheinungen definiren, so muss man von der dunkeln Umgebung oder den dunkleren Stellen der leuchtenden Fläche, welche in der Empfindung immer erst relativ bestimmt werden, abstrahiren.

[2]) Das ganze System der Nachbilderscheinungen lässt sich hiernach in folgender Uebersichtstafel zusammenfassen:

Das **positive complementäre Nachbild** lässt sich aus dem Gesetz der Ermüdung nicht ableiten, und eine zureichende Erklärung ist überhaupt für dasselbe noch nicht gefunden [1]. Die scheinbare Helligkeit dieses Nachbildes ist nicht selten grösser als diejenige des ursprünglichen Objects, aber dasselbe wird augenblicklich verdunkelt und damit das positive in das negativ complementäre Nachbild umgewandelt, wenn man grössere Lichtmengen in das Auge eintreten lässt. Betrachtet man z. B. eine helle Flamme durch ein rothes Glas lang genug, damit das positiv gleichfarbige Nachbild nicht auftreten kann, und schliesst man nun das Auge, so erscheint in dem dunkeln Grund des Gesichtsfeldes ein ausserordentlich intensiv grünes Nachbild der Flamme. Oeffnet man das Auge und sieht auf eine weisse Fläche, so wird das Nachbild augenblicklich verdunkelt. Dieselbe Netzhautstelle, die bei schwacher Lichtreizung scheinbar eine gesteigerte Erregbarkeit erkennen lässt, zeigt demnach bei starker Lichtreizung verminderte Erregbarkeit: in beiden Fällen aber wird gemischtes Licht in dem zur ursprünglichen Farbe complementären Tone gesehen. Offenbar muss daher in Bezug auf die Erregbarkeit für die verschiedenen Farbenstrahlen des gemischten Lichtes in beiden Fällen der nämliche Zustand bestehen: auch beim positiv complementären Nachbild muss Ermüdung für die ursprünglich gesehene Farbe vorhanden sein. Dass trotzdem das Nachbild hell auf dunkelm Grunde erscheint, können wir hier nur auf den Contrast beziehen, der überhaupt bei diesen Versuchen die Helligkeitsverhältnisse von Bild und Umgebung bestimmt. Wird ein farbiges Object auf gleichmässig grauem Grund gesehen, so erscheint durch den Contrast das Object heller, der Grund dunkler, als sie in Wirklichkeit sind. Hierdurch erklärt es sich denn auch, dass die positiv complemen-

Positive		Negative	
Gleichfarbige	Complementäre.	Gleichfarbige (nicht beobachtet und wahrscheinlich unmöglich).	Complementäre.

Erfolgt die Reizung durch weisses Licht, so fallen die Unterabtheilungen der gleichfarbigen und der complementären Nachbilder hinweg.

[1] Die positiv complementären Nachbilder sind von PURKINJE zuerst beobachtet und dann namentlich von BRÜCKE studirt worden (Denkschriften der Wiener Akademie III. S. 95), der sie bis in die neueste Zeit gegen die Allgemeingültigkeit der von FECHNER aufgestellten Theorie, nach der alle Nachbilder auf Ermüdung beruhen, anführte (vgl. BRÜCKE in MOLESCHOTT's Untersuchungen IX, S. 13). HELMHOLTZ hielt das positive complementäre Nachbild für eine Mischerscheinung, welche beim Wechsel des gleichfarbigen und des gewöhnlichen negativ complementären Nachbildes entstehe (physiol. Optik S. 384), aber er beobachtete diese Nachbilder immer erst, nachdem das objective Licht längere Zeit aufgehört hatte zu wirken, während die von BRÜCKE geschilderten Erscheinungen des positiv complementären Nachbildes unmittelbar beim Schliessen des Auges im dunkeln Gesichtsfelde eintreten. Es ist daher zweifelhaft, ob HELMHOLTZ bei seiner Erklärung überhaupt die positiv complementären Nachbilder PURKINJE's und BRÜCKE's im Auge gehabt hat.

tären Nachbilder nur bei geschlossenem Auge oder im Dunkeln wahrnehmbar sind, alsbald aber in negative überspringen, wenn eine stärkere Erleuchtung des Gesichtsfeldes eintritt. Durch diesen Wechsel werden nur die Bedingungen des Contrastes, keine der sonstigen die Empfindung bestimmenden Verhältnisse geändert [1]).

Im Ganzen beruhen somit die Nachbilderscheinungen hauptsächlich auf zwei Momenten, die in verschiedenen Fällen bald gemischt, bald von einander isolirt zur Geltung kommen: erstens auf dem direct durch den Lichtreiz hervorgerufenen Erregungsvorgang, der den Reiz immer merklich überdauert, und zweitens auf der veränderten Reizbarkeit der Netzhaut, welche, nachdem der Erregungsvorgang vorüber ist, eine kürzere oder längere Zeit noch zurückbleibt. Diese veränderte Reizbarkeit verursacht unter allen Umständen das complementäre Nachbild, sei es negativ oder positiv; das unmittelbare Fortwirken der Erregung dagegen kommt als gleichfarbiges Nachbild zur Erscheinung.

Das letztere kann nun unter Umständen einen verwickelteren Verlauf darbieten, wenn der Lichtreiz nicht einfarbig sondern gemischt war. In diesem Fall dauert nämlich die Erregung nicht immer in der gleichen Lichtbeschaffenheit an, sondern es tritt ein Farbenwandel ein, welcher darauf hinweist, dass die verschiedenen Farben, aus denen sich das gemischte Licht zusammensetzt, Netzhautreizungen von verschiedenem Verlauf hervorbringen. Wir wollen diese Erscheinung als farbiges Abklingen kurz dauernder Lichtreizungen bezeichnen [2]).

Schliesst man nach momentanem Anblicken eines hell leuchtenden weissen Objects das Auge, so wandelt sich das anfänglich positive weisse Nachbild durch Blau, Violett, Roth in das negative graue Nachbild um [3]). Eine ähnliche Erscheinung wird am Farbenkreisel beobachtet, wenn man der Scheibe desselben abwechselnd schwarze und weisse Sectoren gibt und eine Umdrehungsgeschwindigkeit wählt, bei welcher dieselben noch nicht zu einem gleichmässig grauen Eindruck zusammenfliessen. Man sieht dann ein farbiges Flimmern, indem bei mässiger Geschwindigkeit jedem schwarzen Sector eine röthliche Färbung vorangeht und eine bläuliche oder grünliche nachfolgt; bei etwas grösserer Rotationsgeschwindigkeit dehnt sich die röthliche Färbung vollständig über die weissen, die blaue über die schwarzen Sectoren aus [4]). Diese Erscheinungen hat HELMHOLTZ aus der YOUNG'schen

[1]) Vergl. die unten folgenden Auseinandersetzungen über den Contrast.

[2]) Gewöhnlich wird sie »farbiges Abklingen der Nachbilder« genannt. Die obige Benennung scheint mir aber zweckmässiger, um das Zusammenwerfen mit andern Nachbilderscheinungen zu vermeiden, da die kurze Dauer der Reizung bei den Versuchen, die uns hier speciell beschäftigen, durchaus wesentlich ist.

[3]) FECHNER, POGGENDORFF's Annalen, Bd. 50, S. 445.

[4]) FECHNER, ebend., Bd. 45, S. 227.

Hypothese erklärt, indem er für jede Art Nervenfasern einen verschiedenen Verlauf der Erregung voraussetzt. Er nimmt nämlich an, in den roth empfindenden Fasern sinke die Erregung anfänglich am schnellsten, worauf sie dann aber lange Zeit brauche, um vollständig zu verschwinden. In den grünempfindenden Fasern soll sie anfangs am langsamsten und zuletzt am schnellsten abnehmen, während die violetten ein mittleres Verhalten darbieten, wie dies die rechts von *m* gezeichneten Curven in Fig. 92 versinnlichen. Hier bedeuten die horizontalen Abscissen die Zeit. Die ausgezogene Curve stellt das Sinken der Erregung für die grünen Fasern, die

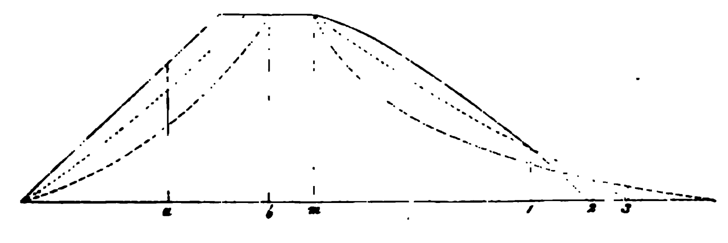


Fig. 92.

punktirte für die violetten und die unterbrochene für die rothen dar[1]. Beim Abklingen eines positiven Nachbildes sollen nun die Farben in derjenigen Reihe sich folgen, in welcher die Erregungen der einzelnen Fasergattungen abklingen. Zuerst also würde Grün überwiegen, dann käme etwa bei 1) ein blauer Farbenton, hierauf Purpur (2) und zuletzt reines Roth (3), wobei übrigens der Grad der Ermüdung die Erscheinungen etwas modificiren muss. Eine andere Erklärung fordert das farbige Flimmern der schwarzen und weissen Sectoren des Farbenkreisels. Helmholtz nimmt an, das Maximum der Erregung falle nicht für alle Farben auf denselben Augenblick, sondern für Roth und Violett früher als für Grün[2]. Dem widerspricht aber das Resultat directer Versuche, wonach bei der Reizung mit rothem Licht das Maximum der Empfindung bedeutend später als bei blauem erreicht wird[3]. In der That beweist nun auch die Thatsache, dass bei der schnellsten Rotation, bei welcher noch Farbenerscheinungen wahrnehmbar sind, die weissen Sectoren röthlich, die schwarzen blau gesehen werden, keineswegs das schnellere Ansteigen der rothen Erregung, sondern, da der Verlauf der durch einen weissen Sector hervorgebrachten Lichtreizung um so früher durch den darauf folgenden schwarzen Sector unterbrochen wird, je schneller der Kreisel rotirt, so wird die Farbe des

[1] Helmholtz, physiol. Optik. S. 372.
[2] Helmholtz, physiol. Optik. S. 380. 381.
[3] Lamansky, Archiv f. Ophthalmologie XVII, 1 S. 132.

schwarzen Sectors mit beschleunigter Rotation den früheren Stadien des Ansteigens der Reizung sich nähern. Grün und Violett müssen also schneller das Maximum erreichen als Roth, da die schwarzen Sectoren bei schneller Rotation eine blaue, d. h. aus Grün und Violett gemischte Färbung annehmen. Die weissen Sectoren müssen dann durch Contrast röthlich erscheinen[1]. Diese Wirkung des Contrastes ist es, deren Nichtberücksichtigung wesentlich jene umgekehrte Deutung der Erscheinung veranlasste, welche HELMHOLTZ gegeben hat. Rotirt die Scheibe langsamer, so fällt das ganze Anwachsen der Erregung, falls man nicht sehr intensives Licht wählt, in die Zeit, in welcher je ein weisser Sector vor dem Auge vorübergeht: die schwarzen Sectoren erscheinen daher an ihren Grenzen etwas gefärbt, die weissen aber werden nun in ihrem ersten Abschnitt bläulich, in ihrem letzten röthlich gesehen. So ergibt sich denn, dass die Farbenempfindungen in derselben Reihenfolge zu ihrem Maximum ansteigen, in welcher sie wieder auf null herabsinken: zuerst erreicht nämlich die grüne, dann die violette und zuletzt die rothe Empfindung ihr Maximum, wie dies in Fig. 92 links von *m* angedeutet ist. In einem Stadium *a* des ganzen Reizungsvorgangs muss hier, ähnlich wie bei 1, ein bläulicher Farbenton vorherrschen. Befindet sich nun gleichzeitig eine andere Stelle derselben Netzhaut in einem dem Zeitpunkt *b* entsprechenden Stadium der Reizung, so wird hier im Contrast zu der vorigen ein röthlicher Farbenton empfunden. Lässt sich hiernach der ganze Verlauf der durch rothes, grünes oder violettes Licht bewirkten Reizung ungefähr durch die drei in Fig. 92 dargestellten Curven versinnlichen, so liegt aber hierin keinerlei Beweis für die YOUNG'sche Hypothese. Mindestens ist die Annahme ebenso einfach, dass diese Unterschiede des Verlaufs lediglich von der Beschaffenheit der objectiven Reize abhängen, dass also grünes Licht in jeder Opticusfaser eine Reizung auslöst, die, von ihrer qualitativen Beschaffenheit abgesehen, in der Form der ersten Curve verläuft, ebenso wie die zweite und dritte den durch violettes und rothes Licht bewirkten Reizungsvorgängen entsprechen. Für zwischenliegende Farben, z. B. Blau oder Gelb, würde dann auch die Reizungscurve eine zwischenliegende Form haben. Diese Anschauung macht überdies die Thatsache verständlicher, dass die Endfarben des Spektrums, wie in der Empfindung, so auch in dem Verlauf der von ihnen hervorgebrachten Reizung sich wieder nähern. Bei der Voraussetzung specifisch verschiedener Endorgane ist ein solches Zusammentreffen auffallender, da die Verschiedenheit der Empfindung eben nur aus der Verschiedenheit der gereizten Nervenfasern abgeleitet wird. Dagegen bedarf diejenige Theorie, welche annimmt, jede Opticusfaser sei durch Licht aller Wellenlängen

---

[1] Siehe die unten folgenden Erörterungen über den Contrast.

reizbar, allerdings einer andern Annahme, welche für die Anhänger der specifischen Endorgane hinwegfällt: sie muss nämlich eine Superposition der Reizungsvorgänge statuiren, welche der Superposition der Lichtwellen entspricht. Aehnlich wie bei der Brechung im Prisma die verschiedenen Wellenlängen, die im weissen Lichte zu einer resultirenden Bewegung zusammenwirken, von einander gesondert werden können, so sind auch die einzelnen monochromatischen Reizungen, aus denen die Empfindung Weiss resultirt, unter Umständen von einander trennbar. Einen Fall dieser Art haben wir in der That in dem farbigen Abklingen weisser Lichteindrücke vor uns. So lange die einzelnen Reizungsvorgänge in gleicher Höhe andauern, kommt eine resultirende Reizung zu Stande, in der nichts von ihren Componenten zu merken ist: diese werden aber, theilweise wenigstens, wahrnehmbar, wenn man die Reizung so einrichtet, dass sie deutlicher in ihrem Verlaufe verfolgt werden kann.

Wir sind genöthigt gewesen, in den obigen Erörterungen, ebenso wie schon früher (S. 332), der von Thomas Young entwickelten Hypothese über die Entstehung der Lichtempfindungen, welche gegenwärtig, namentlich unter dem Einfluss der Lehre von den specifischen Sinnesenergieen, zur herrschenden geworden ist, entgegenzutreten. Was die Nachbilderscheinungen betrifft, so konnte es zunächst nur die Absicht sein zu zeigen, dass hier alle Erfahrungen ohne die Hülfe jener Hypothese vollkommen ebenso folgerichtig erklärt werden können als mit ihr. Ein entscheidender Werth kann den zuletzt angeführten Beobachtungen weder im einen noch im andern Sinne zuerkannt werden. Die wirklichen Gründe gegen die Young'sche Annahme liegen ganz anderswo, nämlich vor allem in ihrem Zusammenhang mit den unhaltbar gewordenen specifischen Sinnesenergieen[1], und sodann in den auf S. 387 hervorgehobenen Folgerungen aus der Gestalt der nach dem Mischungsgesetz construirten Farbencurve. Zu letzterem Punkte treten hier nur die in Fig. 92 ausgedrückten Erfahrungen über den verschiedenen Verlauf der einzelnen Reizungsvorgänge einigermaassen ergänzend hinzu. Wegen der Bedeutung des Gegenstandes für die ganze Lehre von der Empfindung wollen wir aber bei dieser Gelegenheit noch einige andere Erfahrungen, die zu der Young'schen Hypothese in Beziehung stehen, kurz besprechen, nämlich die Folgen lange dauernder monochromatischer Reizungen und die Beobachtungen über Farbenblindheit.

Lässt man in beide Augen längere Zeit nur einfarbiges Licht dringen, z. B. rothes, indem man mehrere Stunden lang eine rothe Brille trägt, so werden die Netzhäute für Roth dergestalt ermüdet, dass sie einige Zeit diese Farbe überhaupt nicht mehr empfinden. Gesättigtes Roth sieht schwarz, weissliches Roth grau oder weiss aus: blaue oder grüne Farbentöne werden dagegen wie gewöhnlich unterschieden. Wenn nun der Eindruck Weiss aus der Reizung roth-, grün- und violettempfindender Nervenfasern besteht, so muss es für die erste dieser drei Classen vollkommen gleichgültig sein, ob die Netzhaut bloss durch rothes oder ob sie durch weisses Licht gereizt wird: in beiden Fällen

[1] Vergl. Cap. V. S. 226.

werden die rothempfindenden Nervenfasern gleich stark erregt und müssen daher gleich stark ermüden. Letzteres ist aber nicht der Fall, sondern in der einfarbigen Beleuchtung ist offenbar die Netzhaut für Roth viel mehr ermüdet. Man könnte zwar behaupten, dies sei nur scheinbar, in der weissen Beleuchtung seien alle Nervenfasern gleichmässig ermüdet, es bleibe aber eben desshalb unser Urtheil über das Verhältniss der einzelnen Farben ungeändert. Doch erstens würde hieraus zwar eine Schwächung der rothen Empfindung, aber kaum eine längere Zeit bestehen bleibende totale Aufhebung derselben verständlich, und zweitens scheint jener Erklärung das entschiedene Ermüdungsgefühl und die abnorme Reizbarkeit, welche einer solchen monochromatischen Reizung, namentlich mit rothem Lichte, folgt, zu widersprechen.

Die wesentlichste Stütze der Young'schen Hypothese hat man in den Beobachtungen an Farbenblinden zu finden geglaubt. In der Regel besteht die so genannte Farbenblindheit darin, dass die Empfindlichkeit der Netzhaut für Roth vermindert oder gänzlich aufgehoben ist. Den betreffenden Individuen erscheint daher ein dunkles Roth vollkommen schwarz, und sie verwechseln leicht rothe und gelbe mit grünen Farbentönen. In der Regel scheint mit der Rothblindheit zugleich eine verminderte Empfindlichkeit für Violett verbunden zu sein, das als ein dunkles Blau erscheint. Es mag sein, dass in einzelnen Fällen die verminderte Empfindlichkeit für Violett mehr noch als diejenige für Roth in die Erscheinung tritt. Auch lässt sich, wie E. Rose [1]) zuerst beobachtet hat, durch Santoninvergiftung ein auf Violettblindheit hindeutender Zustand herbeiführen. Die Seitentheile der Netzhaut sind, wie Schelske [2]) nachwies, normaler Weise für Roth unempfindlich. Bei der Atrophie des Sehnerven tritt ferner als erste Erscheinung eine mehr oder minder ausgeprägte Rothblindheit auf; ebenso in vielen Fällen einfacher Amblyopie [3]). Nach der Young'schen Hypothese führt man diese Erscheinungen einfach darauf zurück, dass eine bestimmte Classe von Endorganen, in der Regel die rothen, zuweilen auch die violetten, mangeln oder, bei erworbener Farbenblindheit, gelähmt werden. Auf den Seitentheilen der Netzhaut sollen die rothen Endorgane regelmässig fehlen. Es ist nun, wenn die dreierlei Nervenfasern, wie Young annimmt, einander gleichwerthig in der Netzhaut vertheilt sind, schon auffallend, dass fast immer nur eine Classe derselben, nämlich die der rothen, höchstens noch zuweilen die der violetten, wahrscheinlich niemals aber die der grünen, mangelt; denn die bisher berichteten Fälle so genannter Grünblindheit sind von sehr zweifelhafter Art, und es haben dabei wahrscheinlich meistens Verwechslungen mit Rothblindheit obgewaltet [4]). So hat Preyer über zwei Fälle angeblicher Grünblindheit berichtet, welche nach der gelieferten Beschreibung nicht sicher von Rothblindheit zu unterscheiden sind [5]). Denn der Umstand, dass die

---

[1]) Virchow's Archiv XIX S. 522, XX S. 245.
[2]) Graefe's Archiv für Ophthalmologie IX 3, S. 39.
[3]) Leber, Archiv f. Ophthalmologie. XV, 3, S. 45, 86.
[4]) Auch bei der von Goethe so genannten Akyanoblepsie (Blaublindheit) handelt es sich offenbar nur um Fälle von Rothblindheit. (Farbenlehre. Didactischer Theil, 113. Nachgelassene Werke Bd. 12, S. 62.) Aeltere Autoren reden ferner von einer Achromatopsie, gänzlichem Mangel der Farbenempfindung. Es ist aber sehr zweifelhaft, ob ein solcher Zustand wirklich existirt; jedenfalls fehlt durchaus der exacte Nachweis.
[5]) Pflüger's Archiv für Physiologie I, S. 299.

Individuen zwar oft grün gefärbte Gegenstände als roth, nie aber rothe als grün bezeichneten, gibt durchaus kein zuverlässiges Kriterium, da die Benennung gleich aussehender Farben bei angeborener Farbenblindheit ganz und gar Sache der Gewohnheit ist. Ebenso wenig entscheidet die Thatsache, dass das rothe Ende des Spektrums unverkürzt gesehen wurde, da solches auch in Fällen entschiedener Rothblindheit vorkommt[1]). Eine vorübergehende, auf ein Auge beschränkte Grünblindheit hat ferner Woinow beobachtet[2]. Dieselbe war von einem Reizungszustand des ganzen Auges begleitet, welcher sich namentlich in einer abnormen Empfindlichkeit gegen Roth und Orange äusserte. Möglicher Weise handelt es sich in diesem Fall nicht sowohl um eine primäre Affection der lichtempfindenden Theile als um eine Veränderung, welche das einfallende Licht beim Gang durch das Auge erfuhr. Normaler Weise ist nämlich das die Netzhaut treffende Licht durch die blutführenden Theile des Auges etwas röthlich gefärbt[3], eine Färbung, die in Folge von Congestivzuständen wahrscheinlich bedeutend zunehmen kann. Hierdurch muss aber die Farbenempfindung in einer ähnlichen Weise alterirt werden, als wenn man durch ein rothes Glas sieht, d. h. es muss die Empfindlichkeit für Grün abnehmen. Analoge Unterschiede der Empfindung können, wie zuerst Maxwell bemerkt hat, auch durch die mehr oder minder starke Pigmentirung des gelben Flecks entstehen. Ist nämlich der gelbe Fleck sehr pigmentreich, so rücken alle zwischen Grün und Violett gelegenen Empfindungen weiter gegen Violett, die zu Gelb complementäre Grundfarbe, hin: ein grünliches Blau wird also z. B. von einem solchen Auge rein blau, das reine Blau dagegen wird von einem ungewöhnlich pigmentarmen Auge grünblau gesehen[4]. M. Schultze vermuthete, das mit partieller oder totaler Violettblindheit verbundene Gelbsehen, welches nach Santoningenuss eintritt, beruhe auf einer vorübergehenden stärkeren Pigmentirung des gelben Flecks[5]. Hiergegen spricht jedoch, dass nach den Versuchen von Rose[6] und Hüfner[7] zuweilen Violettsehen als primäre Erscheinung des Santoninrausches beobachtet wird. Man hat desshalb hier im Anschluss an die Young'sche Theorie eine primäre Reizung und secundäre Abstumpfung der violetten Endorgane angenommen[8]. Wenn nun aber auch die Erscheinungen auf den ersten Blick eine Herleitung aus der Young'schen Theorie zulassen, so ist doch eine Thatsache schwer mit derselben zu vereinbaren: dies ist die mit der Violettblindheit immer verbundene theilweise Unerregbarkeit für rothes Licht. Betrachtet man dagegen die Erregung einer jeden Endfaser des Sehnerven einfach als Function der Wellenlänge, so

---

[1]) Ueber einen Fall dieser Art, wo die Rothblindheit plötzlich entstanden war, berichtet Tyndall, phil. mag. vol. XI, p. 139. Seebeck unterscheidet überhaupt zwei Classen von Rothblinden: solche, die das prismatische Spektrum vollständig sehen, nur einzelne Theile desselben (namentlich Roth und Grün) mangelhaft unterscheiden, und andere, die den rothen Anfang des Spektrums gar nicht empfinden. Bei letzteren war nach Seebeck's Beobachtungen immer die Farbenunterscheidung mangelhafter, namentlich kamen auch zwischen den vom Grün bis Violett gelegenen Farben Verwechselungen vor. (Poggendorff's Annalen, Bd. 42, S. 212.)

[2]) Archiv für Ophthalmologie. XVI 2, S. 246.

[3]) Brücke, Denkschriften der Wiener Akad. Math.-naturw. Cl. III, S. 97.

[4]) Maxwell, Phil. trans. for 1860, p. 76.

[5]) M. Schultze, über den gelben Fleck der Retina. Bonn 1866.

[6]) Virchow's Archiv, Bd. 30, S. 446.

[7]) Archiv f. Ophthalmologie XIII 2, S. 311.

[8]) Hüfner, a. a. O., S. 312 f.

wird es vollkommen begreiflich, dass es Netzhäute gibt, die gerade für die an der unteren und oberen Reizgrenze gelegenen Lichtwellen, nämlich in der Regel für Roth, zuweilen auch vorzugsweise für Violett, nicht reizbar sind, und dass ebenso auf den Seitentheilen der Netzhaut, die überhaupt eine geringere Empfindlichkeit besitzen, die untere Reizgrenze erst bei einem kleineren Werth der Wellenlänge beginnt, also relative Rothblindheit existirt. Bestände endlich die gewöhnliche Rothblindheit in einem Mangel oder in einer fehlenden Erregbarkeit rother Endorgane, so müssten nach der durch die Mischungsversuche von MAXWELL und J. J. MÜLLER festgestellten Form der Farbencurve (Fig. 90, S. 383) die Farbentöne von Grün bis Violett dem farbenblinden Auge in vollkommen ebenso genauer Abstufung, wie dem normalen erscheinen. Dies ist aber nicht der Fall, sondern das Violett erscheint den Rothblinden wie ein dunkles Blau [1]). Ein gewisser Grad von Violettblindheit scheint demnach immer mit der gewöhnlichen Rothblindheit verbunden zu sein, ähnlich wie eine theilweise Rothblindheit mit der Abstumpfung für Violett im Santoninrausch. Dies wird begreiflich, wenn wir erwägen, dass die Rückkehr der Empfindung zu ihrem Anfangspunkt auf eine Rückkehr des Nervenprocesses hinweist. Die Thatsache, dass die Farbenblindheit die beiden Endfarben gleichzeitig trifft, ist also wohl in denselben Ursachen begründet, welche auch die in sich zurücklaufende Gestalt der Farbencurve bedingen.

Die Nachbilder und die übrigen auf veränderliche Reizbarkeit hinweisenden Erscheinungen lehren, dass die Lichtempfindung eine Function nicht bloss der Wellenlänge sondern auch des jeweiligen Zustandes der Netzhaut ist. Alle bisherigen Beobachtungen bezogen sich aber darauf, dass die Reizbarkeit einer gegebenen Netzhautstelle theils durch die bleibenden Eigenschaften derselben, wie individuelle Reizempfänglichkeit, Lage in Bezug auf das Netzhautcentrum, theils durch vorangegangene Reizungen, welche sie getroffen haben, bestimmt ist. Daneben zeigen nun weitere Erfahrungen, dass die Lichtempfindung, welche durch Reizung einer Netzhautstelle entsteht, zugleich Function des Reizungszustandes ist, in welchem sich andere, namentlich benachbarte Stellen befinden. Die hierdurch entstehenden Erscheinungen hat man als Contraste bezeichnet.

Legt man von zwei schwarzen Objecten gleicher Beschaffenheit, z. B. von zwei aus mattschwarzem Papier geschnittenen Quadraten, das eine auf einen weissen, das andere auf einen grauen Hintergrund, so erscheint das erste dunkler als das zweite. Ebenso sieht ein weisses Object auf schwarzem

---

1) Vergl. SEEBECK, POGGENDORFF's Annalen Bd. 42, S. 177. DASTICH, Verhandl. der königl. böhm. Gesellschaft der Wissensch. 1. Juli 1867, S. 9. Die von SEEBECK untersuchten Farbenblinden bezeichneten Violett als dunkelblau. DASTICH fand für den seinen am Farbenkreisel die Farbengleichungen: 80 Blau + 330 Schwarz = 11 Weiss + 349 Violett, und 113 Grün + 145 Blau + 102 Schwarz = 56 Weiss + 304 Violett. Siehe auch PREYER, PFLÜGER's Archiv I, S. 321 f. Ebenso erscheint das spektrale Violett auf den Seitentheilen der Netzhaut dunkelblau. (SCHELSKE, a. a. O.)

Grunde heller als das nämliche Object auf grauem Grunde aus. Hieraus geht hervor, dass die Helligkeit, in der ein Netzhauteindruck empfunden wird, nicht bloss von seiner eigenen Lichtstärke, sondern auch von der Lichtstärke seiner Umgebung abhängt, indem unsere Empfindung um so mehr in einem bestimmten Sinne ausgeprägt ist, je mehr sie in der Umgebung durch die Beschaffenheit des dort stattfindenden Eindrucks nach entgegengesetzter Richtung bestimmt wird. Ebendesshalb hat man die Erscheinung einen Gegensatz oder Contrast der Empfindungen genannt. In ähnlichem Sinne werden die letzteren beeinflusst, wenn farbige Eindrücke und gleichzeitig in der Umgebung andersfarbige Eindrücke stattfinden. Wie die Helligkeitsempfindung um so grösser ist, je stärker der Gegensatz zur Helligkeit der Umgebung, so ist die Farbenempfindung um so gesättigter, in je grösserem Gegensatze sie sich zur Farbenempfindung umgebender Netzhautstellen befindet. Die Farben des grössten Gegensatzes sind aber die auf der Farbentafel einander gerade gegenüberliegenden Complementärfarben. Jede Farbe wird daher dann in grösster Sättigung empfunden, wenn die umgebende Netzhaut von einem complementärfarbigen Eindruck getroffen wird. Um also die einzelnen Farben im Maximum ihrer Sättigung erscheinen zu lassen, muss man z. B. Roth auf grünblauem, Gelb auf violettem, Grün auf purpurrothem Grunde betrachten. Augenscheinlich besteht hier eine Beziehung zwischen den Contrasterscheinungen und den Nachbilderphänomenen. Eine gegebene Netzhautstelle ist dann in einen Zustand versetzt, in welchem sie zur möglichst gesättigten Empfindung einer Farbe disponirt ist, wenn man sie zuvor für die Complementärfarbe ermüdet hat. Man hat daher auch die durch Ermüdung hervorgerufene Veränderung als successiven Contrast bezeichnet und davon die eigentlichen Contrasterscheinungen, welche auf der Wechselbeziehung jeder empfindenden Stelle zu ihrer Umgebung beruhen, als simultanen Contrast unterschieden. Wie mit Farben, verhält es sich mit Lichtintensitäten. Die Empfindlichkeit für einen hellen Lichteindruck wird durch voraufgehende Lichtentziehung, also durch Anblicken eines dunkeln Objectes, vergrössert, und ein lichtarmes Object erscheint in tieferem Dunkel, wenn das Auge zuvor durch Licht ermüdet ist. Der successive kann natürlich neben dem simultanen Contrast bestehen, da beide ganz verschiedene Vorgänge sind. Man kann zuerst einer Netzhautstelle durch Reizung ihrer selbst und hierauf, während der Eindruck stattfindet, durch Reizung ihrer Umgebung mit complementärem Lichte oder mit entgegengesetzter Lichtintensität die möglichst grosse Empfindlichkeit für einen gegebenen Lichtreiz verleihen. Jeder Eindruck wird daher dann am entschiedensten in der ihm eigenen Farbe und Helligkeit empfunden, wenn er ebenso-

wohl durch successiven wie durch simultanen Contrast gehoben ist.

Man kann leicht beobachten, dass es sehr mannigfaltige Grade des Contrastes gibt. Wie wir eine Netzhautstelle in verschiedenem Maasse für eine bestimmte Farbe ermüden und hierdurch die Reizbarkeit für die ihr complementäre vergrössern können, indem wir kürzer oder länger, in grösserer oder geringerer Sättigung den ermüdenden Farbeneindruck wirken lassen: so sind auch beim simultanen Contrast die verschiedensten Abstufungen möglich. Diese sind, wenn es sich um Farbencontraste handelt, von dem Sättigungsgrad der contrastirenden Farben, und wenn es sich um Helligkeitscontraste handelt, von der Lichtstärke der Eindrücke abhängig. Legt man ein weisses Object von immer gleicher Beschaffenheit, z. B. ein Quadrat aus weissem Papier, auf verschiedene neben einander gestellte dunkle Flächen, die von vollkommenem Schwarz durch dunkles Grau bis zu Lichtgrau abgestuft sind, so erscheint das weisse Object in abgestufter Helligkeit, auf dem schwarzen Grunde am hellsten, auf dem lichtgrauen Grunde am wenigsten hell. Variirt man nun aber nicht bloss die Helligkeit des Grundes, sondern auch diejenige des Objectes, so bemerkt man, dass ein lichtgraues Papier auf schwarzem Grunde in seiner Helligkeit verhältnissmässig viel mehr gehoben erscheint als ein weisses Papier auf demselben schwarzen Grunde: beide Papiere erscheinen nämlich vollkommen gleich weiss. Es geht aus dieser Beobachtung hervor, dass der Contrast bei einer gewissen Helligkeitsdifferenz der Eindrücke sein Maximum erreicht, von wo an er dann wieder abnimmt.

Bei farbigen Eindrücken lässt sich der Grad des Contrastes in doppelter Weise variiren: erstens indem man den Farbenton der contrastirenden Eindrücke verändert, und zweitens indem man mit dem Sättigungsgrad derselben wechselt. In ersterer Beziehung wurde schon hervorgehoben, dass Complementärfarben das Maximum des Contrastes geben. Dieser vermindert sich daher, ob man die Farbentöne einander näher oder entfernter wählt. Für die Empfindung läuft beides wegen der geschlossenen Gestalt der Farbencurve auf dasselbe hinaus: hier sind alle nicht complementären Farben einander näher als die Ergänzungsfarben, und die Hebung durch den Contrast vermindert sich mit dieser Annäherung. Dabei bestehen, so lange man nur den Farbenton ändert, die Sättigung aber constant erhält, die eintretenden Veränderungen ebenfalls nur in Aenderungen des Farbentons. Ist also das Maximum des Contrastes dann erreicht, wenn die beiden Farben einander complementär sind, wo sie beide in der grössten Reinheit des Farbentons gesehen werden, so ändert sich dies mit der Verschiebung der beiden Farben dergestalt, dass der Ton einer jeden in einem Sinne modificirt erscheint, welcher der Annäherung an das nächstliegende Com-

plementärfarbenpaar entspricht. Nennen wir mit Brücke[1] diejenige Farbe, welche durch eine andere beeinflusst wird, die inducirte, diejenige dagegen, welche den Einfluss ausübt, die inducirende, so lassen sich die Erscheinungen der Farbeninduction durch Contrast am zweckmässigsten in der Weise studiren, dass man von derjenigen Farbe, welche man als inducirte benützen will, Objecte von gleicher Grösse und Farbe, also z. B. Papierstücke, die mit möglichst gesättigten Pigmenten bemalt sind, auf eine Reihe neben einander gelegter grösserer Papierstücke legt, die ungefähr nach den Hauptfarben des Spektrums abgestuft sind. Man kann dann das farbige Object als die inducirte, den andersfarbigen Hintergrund als die inducirende Farbe betrachten. Legt man auf diese Weise z. B. rothe Papierstücke neben einander auf einen orange, gelb, gelbgrün, grün, grünblau u. s. w. gefärbten Hintergrund, so erscheint das Roth in völlig unverändertem Farbenton auf seinem complementären, also dem blaugrünen Hintergrund. Schon auf grünem erscheint es etwas in Purpur verändert, auf Gelbgrün, Gelb, Orange nimmt es allmälig einen violetten und selbst bläulichen Schimmer an, wogegen es sich auf Blaugrün, Blau u. s. w. mehr dem Orange und Gelb nähert. In ähnlicher Weise bleibt Grün unverändert auf dem ihm complementären Purpur: auf den gegen das Ende des Spektrums gelegenen Farben nimmt es einen gelblichen, auf den gegen den Anfang gelegenen einen bläulichen Farbenton an. Achtet man gleichzeitig auf den Farbenton des Grundes, so bemerkt man übrigens, dass regelmässig auch dieser, und zwar in entgegengesetztem Sinne verändert erscheint. Während also z. B. Roth auf gelbem Hintergrunde einen bläulichen Schein annimmt, erhält der gelbe Hintergrund selbst einen grünlichen Schimmer. Jede inducirende Farbe wird somit durch diejenige, auf welche sie inducirend wirkt, immer zugleich selbst inducirt. Wir können uns diesen wechselseitigen Einfluss beim Contraste am einfachsten veranschaulichen, wenn wir zwei Farbenkreise concentrisch zu einander construiren, beide aber um 360° gegen einander gedreht denken, so dass jeder Farbe am einen Kreise die Complementärfarbe am andern entspricht (Fig. 93)[2]. Denken wir uns nun die eine der einander inducirenden Farben durch ein Segment des

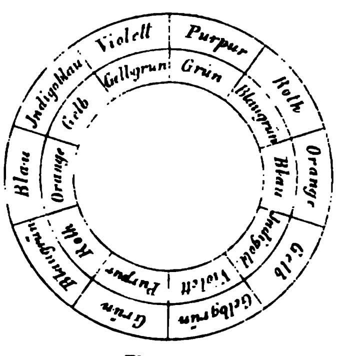


Fig. 93.

[1] Denkschriften der Wiener Akademie. Math.-naturw. Cl. III. S. 98.

[2] A. Rollett, Wiener Sitzungsberichte. März 1867.

innern Kreises repräsentirt, so geben die zusammentreffenden Segmente des äusseren und inneren Kreises immer die Richtung der Veränderung an. Wählen wir z. B. Grün auf rothem Grunde, so bedeutet dies, da Grün mit Purpur, Roth mit Blaugrün zusammenfällt, dass das Grün so modificirt ist, als wenn ihm Blaugrün, das Roth so, als wenn ihm Purpur beigemischt wäre. Wählen wir aber Grün auf purpurrothem Grunde, so bezeichnet das Zusammentreffen beider in Fig. 93, dass sie sich in ihrem Farbenton unverändert bestehen lassen. Als allgemeine Regel für den Farbenwechsel in Bezug auf den Farbenton gilt also der Satz, dass jede Farbe im Sinne ihrer Complementärfarbe verändernd wirkt. Dies ist der Grund, wesshalb man die Complementärfarben auch Contrastfarben genannt hat.

Ausser vom Farbenton ist die Contrastwirkung von der Sättigung der Farben abhängig. In dieser Beziehung gilt das allgemeine Gesetz, dass eine Farbe um so schwerer durch Contrast verändert werden kann, je gesättigter sie ist. Hiervon kann man sich bei dem oben erwähnten Versuch über die Farbeninduction gleichfarbiger Papierstücke auf verschiedenfarbigem Grund leicht überzeugen. Die Veränderung wird nämlich viel deutlicher, wenn man die farbigen Papiere mit weissem Seidenpapier oder mit einer Platte aus Milchglas bedeckt, durch welches die Farben hindurchscheinen, aber in ihrer Sättigung bedeutend vermindert sind. Jetzt hat z. B. ein rothes Object auf indigblauem Grunde nicht mehr bloss einen gelblichen Schimmer, sondern es sieht vollständig gelb, der indigblaue Grund aber sieht blaugrün aus. Während man bei den gesättigten Farben trotz des Contrastes ziemlich leicht erkennt, dass die einzelnen aufgelegten Stücke aus demselben Papier geschnitten sind, ist dies bei den weisslichen Farben nicht mehr möglich, sondern man hält die Farben für durchaus verschiedene.

Da das Weiss als der geringste Sättigungsgrad einer jeden Farbe betrachtet werden muss, so sind weisse oder graue Objecte am günstigsten, um möglichst grosse Contrastveränderungen hervortreten zu lassen. Ein farbloses Object wirkt gar nicht mehr inducirend auf einen andern Farbenton, es selbst empfängt aber von einem solchen die grösste inducirende Wirkung, indem es rein in der Contrastfarbe, ohne jede Beimengung einer andern Farbe, gesehen wird. Wir können uns hiernach diese Abhängigkeit des Contrastes vom Sättigungsgrad am einfachsten in folgender Weise vorstellen. Eine Farbe A modificirt die auf einer benachbarten Netzhautstelle stattfindende Empfindung so, als wenn der hier einwirkende Eindruck B mit einer gewissen Menge zu A complementärfarbigen Lichtes gemengt wäre. Die Empfindung B muss daher der Complementärfarbe zu A um so mehr sich nähern, je weniger gesättigt ihr ursprünglicher Farbenton ist, und sie geht vollständig in die Complementärfarbe über, wenn jene Sättigung

null wird. Ein Versuch, welcher die Contrastfarben vorzugsweise lebhaft zur Erscheinung bringt, besteht daher in dem folgenden von H. MEYER[1]) angegebenen Verfahren. Man bringt auf ein farbiges Papier ein kleineres graues oder schwarzes Papierstückchen und überdeckt das Ganze mit einem Bogen durchsichtigen Briefpapiers: es erscheint nun das graue Feld sehr deutlich in der Contrastfarbe. (Hierbei wird der Contrast offenbar noch dadurch begünstigt, dass das Briefpapier eine gleichmässige Fläche herstellt, auf der das Empfindungsurtheil nicht durch die Begrenzung der verschiedenen Objecte gegen einander alterirt wird. Aehnlich starke Contrastwirkungen erhält man daher, wenn man durch Spiegelung die deutliche Begrenzung der Objecte aufhebt, wie in dem Versuch von RAGONI SCINA (Fig. 94)[2]). Man nimmt eine horizontale und eine verticale weisse Papierfläche, zu denen eine farbige Glasplatte unter einem Winkel geneigt ist; auf der horizontalen Fläche bringt man ein schwarzes Papierstückchen a an. In Folge dessen empfängt das Auge o von a her nur reflectirtes Licht, welches fast vollkommen weiss ist, da es grossentheils an der Oberfläche der farbigen Glasplatte reflectirt wird, überall sonst bekommt es zugleich gebrochenes Licht, welches durch die Glasplatte stark gefärbt ist. Es erscheint nun der Fleck a deutlich in der Complementärfarbe der Glasplatte[3]). Man kann diesen Versuch auch in folgender Weise modificiren. Man nimmt die verticale Papierfläche nicht weiss, sondern schwarz, klebt aber bei b ein weisses Papierstückchen von gleicher Grösse wie a auf, dessen Reflexbild mit a zusammenfällt. Jetzt erscheint die Farbe der Glasplatte viel gesättigter als im vorigen Fall, weil nur noch das von ihr durchgelassene Licht ins Auge gelangt: wieder erscheint die Stelle a deutlich in der Complementärfarbe. Aber es tritt nun gleichzeitig zwischen dem hellen Spiegelbild und dem dunkelfarbigen Grunde ein Helligkeitscontrast auf: das Spiegelbild des weissen Papierstückchens erscheint daher heller, d. h. minder gesättigt, als wenn man auch für den Reflex eine gleichförmig weisse Fläche nimmt, durch welche die Farbe der Glasplatte an Sättigung vermindert wird. Hieraus geht hervor, dass der Contrast nicht bloss mit der Sättigungsabnahme der inducirten Farbe wächst, so dass er bei der Sättigung null sein Maximum erreicht, sondern dass er bis zu



Fig. 94.

---

[1]) POGGENDORFF's Annalen, Bd. 95, S. 170.
[2]) HELMHOLTZ, physiologische Optik, S. 405.
[3]) Es ist zweckmässig hierbei die Glasplatte probeweise hin- und herzudrehen, bis das gespiegelte Licht diejenige Helligkeit hat, bei welcher der Contrast am schärfsten hervortritt.

einer gewissen Grenze auch mit der Sättigungsabnahme der *inducirenden* Farbe zunimmt. Diese Grenze wird, falls das in der Contrastfarbe gesehene Object selbst farblos ist, dann erreicht, wenn die inducirende Farbe hell genug ist, um mit dem inducirten Object Helligkeitscontrast zu geben, und wenn sie doch noch hinreichende Sättigung besitzt, um einen deutlichen Farbeneindruck zu verursachen. Das inducirte farblose Object aber muss einerseits hinreichend dunkel sein, um Helligkeitscontrast mit dem lichteren Grunde zu geben, anderseits muss es doch hell genug sein, damit überhaupt noch eine Lichtreizung von gewisser Intensität stattfindet. Die lichtschwächsten Eindrücke können, da sie nur ein Minimum von Empfindung bewirken, auch in ihrer Empfindungsqualität durch den Contrast nicht erheblich geändert werden. So kommt es, dass ein dunkles Grau auf farbigem Grunde von geringer Sättigung diejenige Bedingung für den Contrast darbietet, wobei die Contrastfarbe in möglichst grosser Sättigung gesehen wird. Vermehrt man die Sättigung des farbigen Grundes oder die Helligkeit des inducirten Objectes über diesen günstigsten Punkt, so nimmt in beiden Fällen die Sättigung der Contrastfarbe ab. Dasselbe geschieht aber auch, wenn man die Helligkeit des inducirten Objects *vermindert*, weil sich nun die Farbenempfindung in Folge der geringen Lichtintensität dem Pol des Schwarz nähert. Hierin liegt die Erklärung für die Wirkung des durchscheinenden Briefpapiers in Meyer's Versuch. Bei letzterem erscheint die Contrastfarbe dann am meisten gesättigt, wenn man auf ein Papier von gesättigter Farbe ein kleineres schwarzes Papierstückchen legt und dann den Briefbogen darüber deckt. Durch den letzteren wird die Sättigung des farbigen Grundes gerade in zureichendem Grade vermindert und das Schwarz des Papierstückchens in ein dunkles Grau verwandelt. Der Contrast vermindert sich dagegen sehr, wenn man statt des schwarzen ein weisses Papierstückchen unterlegt. Wählt man anderseits ein sehr durchscheinendes Seidenpapier zur Bedeckung des schwarzen Papierstückchens und seines Grundes, so muss man mehrere Bögen desselben über einander schichten, bis dasjenige Verhältniss der Helligkeit getroffen ist, bei welchem der Contrast ein Maximum wird.

Das geeignetste Mittel zur Bestimmung jener Helligkeits- und Sättigungsgrade, welche für den Contrast am günstigsten sind, bietet der Farbenkreisel[1]). Gibt man der Scheibe desselben mehrere farbige Sectoren, deren jeder an einer bestimmten Stelle durch ein schwarzes Zwischenstück unterbrochen ist, wie in Fig. 95, wo die farbigen Theile der Sectoren durch *graue* Schattirung angedeutet sind, so erscheint bei rascher Rotation die ganze Scheibe in einem weisslichen Farbenton, an der Stelle des Zwischen-

---

1) Helmholtz, physiol. Optik, S. 411.

stücks erscheint aber ein Ring in der Complementärfarbe. Nun lässt sich leicht die Farbe des Grundes an Sättigung vermehren oder vermindern, indem man die Breite der Sectoren grösser oder kleiner wählt, und ebenso lässt sich die Helligkeit des Ringes vermehren oder vermindern je nach der Breite, die man dem schwarzen Zwischenstück gibt. Bei einem bestimmten Verhältniss der Sectorenbreite ist aber die Sättigung der Contrastfarbe am grössten. Man findet auch hier, dass dieses günstigste Verhältniss dann erreicht wird, wenn die schwarzen Sectorenstücke für sich, also nach Bedeckung des übrigen Theils der Scheibe, bei rascher Rotation als ein dunkelgrauer Ring erscheinen, die farbigen Sectoren aber eine so schwach gesättigte Farbe erzeugen, dass dieselbe eben noch deutlich zu erkennen ist. Wird der Farbenton durch vergrösserte Sectorenbreite etwas gesättigter gewählt, so nimmt die Sättigung des durch Induction complementär gefärbten Ringes ab. Man kann nun diesen seiner vorigen Sättigung wieder näher bringen, wenn man auch die schwarzen Sectorenstücke etwas breiter nimmt, so dass sich dasselbe Helligkeitsverhältniss wie zuvor wieder herstellt. Aber sehr bald erreicht man eine Grenze, wo der graue Ring so dunkel wird, dass dadurch sein Farbenton wieder abnimmt. Nicht bloss das Helligkeitsverhältniss sondern auch die absolute Helligkeit der Eindrücke muss also einen bestimmten Werth besitzen, wenn der Contrast am stärksten ausfallen soll. Doch lässt dieser Werth, theils wegen der geringen Contrastunterschiede, die bei der Annäherung an denselben zu beobachten sind, theils wegen der variabeln subjectiven Einflüsse, insbesondere der Netzhautermüdung, keine genauere Bestimmung zu.



Fig. 95.

Auf denselben Bedingungen beruhen die Complementärfarben, welche graue Schatten auf einem farbigen Grunde zeigen. Helligkeit des Schattens und Sättigung der inducirenden Farbe stehen hierbei meistens in einem für die Erzeugung des Contrastes günstigen Verhältniss. Dahin gehört die bekannte Erscheinung, dass die Schatten in der röthlichen Beleuchtung der Abendsonne oder des Lampenlichtes grünblau gefärbt sind. In allen möglichen Contrastfarben lassen sich die Schatten hervorbringen, wenn man Sonnen- oder Lampenlicht durch gefärbte Gläser treten lässt und in dieser farbigen Beleuchtung Schatten entwirft. Die subjective Natur der so auftretenden Contrastfarben erhellt deutlich aus einer von Fechner angegebenen Modification dieses Schattenversuchs[1]. Nimmt man nämlich eine innen

[1] Poggendorff's Annalen, Bd. 50, S. 438.

geschwärzte Röhre und blickt durch dieselbe auf den farbigen Schatten, so dass aus der Umgebung desselben kein Licht in das Auge eindringt, so erscheint derselbe fortan gerade so gefärbt, als da man ihn mit freiem Auge betrachtete; die Färbung verschwindet aber selbst dann nicht, wenn man durch Wegziehen der gefärbten Glasplatte die farbige Beleuchtung aufhebt oder dieselbe durch eine zweite Glasplatte in eine andersfarbige verwandelt. Betrachtet man umgekehrt einen Schatten in weissem Lichte, der nun rein grau erscheint, durch eine Röhre, und ersetzt man, während das Auge unverrückt durchsieht, die weisse durch eine farbige Beleuchtung, so bleibt trotzdem der Schatten rein grau, falls man nicht etwa an eine Grenze desselben kommt, wo man die umgebende farbige Beleuchtung wahrnimmt, und wo dann augenblicklich die Complementärfarbe auftritt. Dieser Versuch ist namentlich auch desshalb belehrend, weil er zeigt, wie der inducirende Farbeneindruck sogar beseitigt werden kann, ohne dass seine Wirkung schwindet: nur muss dies allerdings so geschehen, dass erstens der inducirte Eindruck ohne Unterbrechung fortdauert, und dass zweitens keine neue inducirende Wirkung dazu tritt. Die Contrastfarbe des durch die Röhre betrachteten Schattens verschwindet daher, wenn man einige Zeit das Auge schliesst und dann wieder öffnet, oder wenn man an die Grenze des Schattens kommt und die Umgebung in einer neuen Farbe beleuchtet findet. Auch überdauert die Contrastwirkung stets nur eine gewisse Zeit die Fortdauer des inducirenden Eindrucks. Betrachtet man längere Zeit den Schatten durch die Röhre, so blasst allmälig die Contrastfarbe ab und schwindet endlich gänzlich.

Die zuletzt besprochenen Beobachtungen beweisen, dass neben der unmittelbaren Wirkung der einander inducirenden Eindrücke auch die nach früheren Eindrücken festgestellte Beschaffenheit der Empfindung von Einfluss auf den Contrast ist. Dieses Wechselverhältniss tritt besonders in einer Reihe von Erscheinungen hervor, die wir kurz als Randwirkungen des Contrastes bezeichnen können. Ein breiter Schatten in einer farbigen Beleuchtung erscheint an seiner Grenze gegen die letztere in deutlicher Contrastfarbe, nimmt aber mit der Entfernung von der Grenze allmälig ab und verschwindet endlich völlig. Wählt man bei dem Meyer'schen Versuch das untergeschobene schwarze Papier sehr gross, so zeigt es nur noch am Rand deutlichen Contrast. Am schönsten lassen sich aber die Erscheinungen des Randcontrastes wieder mittelst der rotirenden Scheiben des Farbenkreisels hervorbringen [1]). Bringt man auf einer weissen Scheibe schwarze Sectoren an, deren Breite sich, wie die Fig. 96 zeigt, von innen nach aussen vermindert, so müssten, wenn kein Contrast stattfände, bei der

---

[1]) Helmholtz, physiol. Optik, S. 413.

Rotation graue Ringe erscheinen, deren Helligkeit von innen nach aussen abnähme, aber innerhalb eines jeden Abschnitts constant bliebe. Doch dies ist nicht der Fall, sondern jeder Ring erscheint nach innen, wo der nächste dunklere anstösst, heller, fast weiss, nach aussen, wo der nächste hellere anstösst, dunkler. Nimmt man eine Scheibe wie Fig. 95 (S. 413), wählt aber die beiden an die schwarzen Mittelstücke anstossenden Sectorenabschnitte von verschiedener Farbe, z. B. die inneren roth, die äusseren gelb, so erscheint bei der Drehung auch der mittlere graue Ring in verschiedenen Contrastfarben, nach innen nämlich grünblau, nach aussen violett. Dieselbe Erscheinung lässt sich noch in der mannigfachsten Weise variiren: immer erscheint der Contrast da am deutlichsten, wo die Helligkeit oder der Farbenton rasch sich ändert; Contrastwirkungen in entgegengesetztem Sinne lassen sich daher nahe neben einander hervorbringen, wenn man Helligkeit oder Farbenton in nahen Abständen in entgegengesetztem Sinne sich ändern lässt[1]).



Fig. 96.

Dass neben der unmittelbaren wechselseitigen Wirkung der Eindrücke auch die nach vorangegangenen Erfahrungen festgestellte Bedeutung derselben von wesentlichem Einflusse auf die Empfindung ist, ergibt sich endlich noch aus solchen Beobachtungen, bei denen durch geeignete Modification des Versuchs die unmittelbare Induction ganz oder fast ganz zum Verschwinden kommt. Hier wird dann die Empfindung lediglich nach Maassgabe früherer Eindrücke festgestellt. Klebt man ein graues Papierstückchen auf eine farbige Glasplatte oder auf ein gefärbtes Papier, und wählt man auch die Helligkeitsverhältnisse möglichst günstig für die Erzeugung der Contrastfarbe, so erscheint doch das graue Papier in der Nähe betrachtet kaum in einem Anflug der Contrastfarbe. Begibt man sich aber in grössere Entfernung, damit die scharfe Begrenzung verschwinde, so tritt die Contrastfarbe deutlicher hervor. Hieran trägt die eintretende Verkleinerung des Netzhautbildes nicht die Schuld, wie man sich bei wechselnder Grösse des aufgeklebten Papierstücks leicht überzeugen kann. Am deutlichsten zeigt sich dieser Einfluss der Begrenzung beim MEYER'schen Versuch. Legt man in die Nähe der Stelle, an welcher das in der Contrastfarbe gesehene schwarze Papierstück durch das Briefpapier schimmert,

---

[1]) Weitere hierher gehörige Versuche siehe bei MACH, Sitzungsber. der Wiener Akademie Bd. 52, S. 303, Bd. 54, S. 393.

ein graues Papierschnitzel, welches genau dieselbe Helligkeit wie das erste nach seiner Bedeckung mit dem Briefpapier besitzt, so erscheint trotzdem dieses letztere bei naher Betrachtung nur wenig in der Contrastfarbe[1]. Die umgekehrte Form des Versuchs ist die folgende: man zieht auf dem Briefpapier, welches die farbige Fläche samt contrastirendem Fleck bedeckt, eine Grenzlinie um den letzteren; augenblicklich verschwindet dann die Contrastwirkung und stellt sich nun auch bei Betrachtung aus grösserer Ferne nicht mehr ein. Aehnlich verschwindet bei den Versuchen am Farbenkreisel die Contrastwirkung, wenn man die Stellen, an denen sich die contrastirenden Theile der Scheibe berühren, durch eine Linie begrenzt, wenn man also in Fig. 95 an den gegen das schwarze Mittelstück gerichteten Sectorenabschnitten schwarze Kreislinien zieht, oder wenn man in Fig. 96 alle einzelnen Sectorenabschnitte durch schwarze Kreislinien von einander trennt. Offenbar sind wir demnach gegen die Contrastwirkung so lange unempfindlicher, als ein Grund gegeben ist, die einander inducirenden Eindrücke auf g e s o n d e r t e O b j e c t e zu beziehen. Hier scheint unsere Empfindung theilweise in einen Zustand zu kommen, der ihr abgesehen von der wechselseitigen Induction verschiedenartiger Eindrücke eigen ist. Diese Befreiung von der Contrastwirkung kann nur darauf bezogen werden, dass der Grad, bis zu welchem eine Empfindung durch die Eindrücke anderer Netzhautstellen bestimmt wird, etwas veränderlich ist, und dass dabei der Einfluss früherer Eindrücke von gleichfarbiger Beschaffenheit mitwirkt. Die Empfindung Weiss kann einerseits modificirt werden durch andere gleichzeitige Eindrücke, anderseits aber wirkt auf sie befestigend die Reproduction gleichartiger Erregungszustände. Die letztere Wirkung wird im allgemeinen da überwiegen, wo wir die Empfindung auf ein besonderes Object beziehen und daher von den umgebenden Eindrücken mehr abstrahiren. Das nämliche Moment ist offenbar bei einer interessanten, von HELMHOLTZ gefundenen Modification der MEYER'schen Versuche wirksam: Wählt man ein graues Papierstückchen aus, welches dem Briefpapier auf der dunkeln Unterlage vollkommen gleich ist, und schiebt man dasselbe dicht neben diese Stelle, so kann bei aufmerksamer Vergleichung der Contrast völlig verschwinden, kehrt aber sogleich wieder, wenn man das zum Vergleich genommene Papierstückchen entfernt.

Auf die zuletzt erwähnten Erfahrungen gestützt hat man die Contrasterscheinungen als U r t h e i l s t ä u s c h u n g e n betrachtet[2]. Man gieng dabei von der Ansicht aus, die nach Analogie vorausgegangener Eindrücke festgestellte Empfindung sei im Grunde die r i c h t i g e Empfindung, welche

[1] HELMHOLTZ, a. a. O., S. 404.
[2] HELMHOLTZ, ebend. S. 393.

durch die Einflüsse des Contrastes nur zuweilen gefälscht werden könne. Nun lehren aber gerade die Contrasterscheinungen, dass wir ein absolutes Maass bei unserer Empfindung der Lichtqualitäten gar nicht besitzen, und der Umstand, dass die Reproduction früher stattgehabter Eindrücke einen gewissen modificirenden Einfluss ausübt, kann diesen Satz nicht erschüttern. Wir sind auch im Stande, die absolute Grösse eines Gewichtes in unserer Empfindung zu schätzen, indem wir den gegenwärtigen Eindruck mit frühern vergleichen, aber desshalb gibt doch unsere Empfindung in keiner Weise ein absolutes, sondern nur ein relatives Maass, d. h. wir sind jeweils nur im Stande Druckgrössen im Vergleich zu einander festzustellen. Aehnlich verhält es sich mit unsern Lichtempfindungen. Farben und Helligkeiten bestimmen wir zunächst nur in Relation zu einander. Ein Farbenton erscheint um so gesättigter, in je grösserem Gegensatz er sich zu andern Farbeneindrücken befindet. Die relativ grösste Sättigung hat er daher dann, wenn er im Verhältniss zu seiner Contrastfarbe bestimmt wird. Der geringste Sättigungsgrad, d. h. das weisse Licht, erscheint, falls gleichzeitig andere Farbeneindrücke stattfinden, immer noch in einem gewissen Grade der Sättigung, also in der Contrastfarbe zu jenen gleichzeitigen Eindrücken. Ebenso erscheint die Helligkeit eines Eindrucks um so grösser, in je grösserem Gegensatze sie zur Helligkeit anderer Eindrücke steht; die relativ grösste Helligkeit erreicht darum die Empfindung dann, wenn sie im Verhältniss zum absoluten Dunkel bestimmt wird. Da nun die Sättigung einer Farbe zugleich Function der Helligkeit ist, indem sie sich von einem Maximalwerth der Sättigung an sowohl mit zunehmender wie mit abnehmender Helligkeit vermindert, so ist es klar, dass auch die Wechselbeziehung der Farbeneindrücke von ihrer Helligkeit oder ihrem Sättigungsgrad abhängig sein muss, wie dies uns in der That die Erfahrung bestätigt hat. Neben dieser Wechselbeziehung der gleichzeitig gegebenen Eindrücke übt nun aber allerdings auch die Erinnerung ihren Einfluss auf die Empfindung aus. Wo das erste Moment ganz fehlt, da wird dann bloss nach dem letzteren, mittelst der Reproduction früherer Eindrücke, die Empfindung festgestellt; und sie kann einen mitbestimmenden Einfluss selbst da noch äussern, wo mehrere Eindrücke in gleichzeitiger Gegenwirkung gegeben sind. Aber der Natur der Sache nach ist die Feststellung der Empfindung nach der wechselseitigen Beziehung gleichzeitiger Reize beim Gesichtssinn das Primäre, die Beziehung auf früher stattgehabte Empfindungen ein Secundäres, weil hier die Wechselwirkung gleichzeitiger Eindrücke ihrer Succession vorangeht. Jene Theorie der Contrasterscheinungen, welche dieselben auf eine Urtheilstäuschung zurückführt, begeht also den Fehler, dass sie den wahren Zusammenhang der Dinge geradezu umkehrt, indem sie das Spätere, die immer unvoll-

kommen bleibende absolute Bestimmung der Empfindungen mittelst der Reproductionsgesetze, zum Ursprünglichen macht. Dass im Gegentheil die Wechselbeziehung der Eindrücke, wie sie in den Contrasterscheinungen zu Tage tritt, das Ursprüngliche ist, geht auch klar genug aus der näheren Betrachtung jener Fälle hervor, in denen der Contrast mit Hülfe der hinzutretenden Reproduction beseitigt wird. Der Contrast erscheint überall da, wo die Empfindungen möglichst losgelöst von ihrer Beziehung auf gesonderte Gegenstände in Frage kommen, wogegen der Contrast unterdrückt wird, sobald man entweder genöthigt ist, jeden Eindruck auf ein für sich bestehendes Object zu beziehen, das dann die Reproduction früher gesehener ähnlicher Objecte wachruft, oder sobald man unmittelbar die Vergleichung mit selbständig gegebenen Eindrücken herausfordert. So lange wir es mit der reinen Empfindung zu thun haben, herrscht also unbedingt die wechselseitige Induction der Reize, diese wird erst beschränkt, wenn wir auf das Gebiet der eigentlichen Vorstellung und der mit der Vorstellung zusammenhängenden Reproductionsgesetze übergehen. Nur in dem einen Punkte ist die Theorie der Urtheilstäuschungen auf der richtigen Spur, dass sie einen psychologischen Erklärungsgrund aufsucht. An objective, physikalische Ursachen ist bei den Contrasterscheinungen natürlich nicht zu denken; dies folgt, von der sonstigen Unwahrscheinlichkeit einer derartigen Annahme abgesehen, unmittelbar aus den FECHNER'schen Schattenversuchen[1]. Aber auch eine physiologische Erklärung, also die Zurückführung auf eine unmittelbare physiologische Wechselwirkung gleichzeitig gereizter Netzhautstellen, stösst auf die Schwierigkeit, dass es kaum begreiflich scheint, wie eine solche durch entschieden psychologische Factoren, wie z. B. die Beziehung des Eindrucks auf ein gesondertes Object oder seine Vergleichung mit andern sei es gleichzeitig sei es früher gegebenen Eindrücken, beeinflusst werden soll. Wohl aber wird dieser Einfluss dann vollkommen verständlich, wenn wir die unmittelbare Wechselbeziehung der Farben, ihrer Sättigungsgrade und Helligkeiten auf einen psychologischen Grund zurückführen, wo dann das nächste psychologische Resultat leicht durch weitere Momente des psychischen Mechanismus modificirt werden kann. Ein psychologischer Grund ist es nun, wenn wir jene Wechselbeziehung darin sehen, dass die Qualitäten der Lichtempfindung ursprünglich nur in Relation zu einander bestimmt werden. Es ist dies allerdings ein Motiv, welches gewissermassen auf der Grenze des Physiologischen steht, so dass es begreiflich wird, wie die Contrasterscheinungen überall mit

---

[1] Vgl. FECHNER, POGGENDORFF's Annalen Bd. 44, S. 121, wo die Meinung verschiedener Beobachter, nach welcher die farbigen Schatten auf objectiven Ursachen beruhen sollten, ausführlich widerlegt ist.

der Gewalt ursprünglicher Empfindungen auftreten. Sie sind in der That nicht mehr und nicht weniger psychologisch, als es die Empfindungen, diese einfachsten Zustände unseres Bewusstseins, selber sind.

Jede Empfindung ist nach Intensität und Qualität veränderlich. Die Contrasterscheinungen bezeugen nun nichts anderes als die Thatsache, dass die Intensität und die Qualität der Lichtempfindung stets im Verhältniss zu denjenigen Eindrücken festgestellt werden, welche gleichzeitig auf andere Stellen derselben Netzhaut einwirken. Sie lehren, dass alle Lichteindrücke in Beziehung zu einander empfunden werden. Wir empfinden einen Reiz zunächst nach seinem Verhältniss zu andern Reizen, die gleichzeitig einwirken, dann aber auch nach seinem Verhältniss zu andern Reizen, die früher eingewirkt haben. In letzterer Beziehung haben wir uns aus der Succession zahlreicher Reizungen allmälig ein gewisses, freilich sehr unvollkommenes und fortwährend durch neue Eindrücke bestimmbares, absolutes Maass der Lichtqualität gebildet, das unter solchen Umständen, welche die Treue der Reproduction begünstigen, verändernd auf die unmittelbare Empfindung einwirken kann. Aber das eigentliche Gesetz für die Beziehung der Eindrücke zur Empfindung lässt sich doch nur aus denjenigen Beobachtungen entnehmen, in welchen die unmittelbare Wechselwirkung der Empfindungen, unverändert durch die Einflüsse der Wiedererinnerung zu Tage tritt. Um daher für das Gesetz des Contrastes einen quantitativen Ausdruck zu gewinnen, müssen wir zunächst diese aus der Succession der Vorstellungen hervorgehenden Einflüsse möglichst bei Seite lassen und sodann Contrasterscheinungen derselben Art mit Variation derjenigen quantitativ bestimmbaren Elemente, welche die Lebhaftigkeit des Contrastes beeinflussen, hervorbringen. Diese Elemente sind aber Farbenton, Sättigungsgrad und Helligkeit oder, wenn wir der Einfachheit wegen den Farbenton constant erhalten, bloss Sättigungsgrad und Helligkeit. Beide Elemente sind nun, dies steht einer umfangreichen quantitativen Feststellung im Wege, nicht unabhängig von einander veränderlich, weil mit der Helligkeit im allgemeinen immer auch der Sättigungsgrad sich verändert. Es gibt nur einen Grenzfall, wo dies nicht eintritt: er ist dann vorhanden, wenn die Sättigung null ist, was der Empfindung Weiss, Grau oder Schwarz entspricht. Damit sind wir auf das Gebiet der blossen Helligkeitscontraste hingewiesen. Nur bei ihnen ist die Empfindung einfach das Resultat des Helligkeitsverhältnisses der Eindrücke. Hier bieten aber die Versuche am Farbenkreisel den naheliegendsten Weg der Lösung dar.

An einer Scheibe wie der in Fig. 96 S. 415 abgebildeten kann man in doppelter Weise die Helligkeit der einzelnen bei der Rotation gesehenen grauen Ringe verändern: man kann nämlich entweder das Verhältniss der

Helligkeiten der verschiedenen Ringe zu einander verändern, oder man kann dieses Verhältniss constant erhalten, aber die absolute Helligkeit variiren. Ersteres geschieht dadurch, dass man den verschiedenen Sectorenabschnitten in verschiedenen Versuchen ein wechselndes Verhältniss der Breite gibt. Man findet, dass damit auch die Stärke des Contrastes bedeutend wechselt. Das Zweite, die Variation der absoluten Helligkeit bei constant erhaltenem Helligkeitsverhältniss, kann man dadurch erzielen, dass man immer dieselbe Scheibe mit den nämlichen Sectoren wählt, sie aber während der Rotation mit mehr oder weniger intensivem Lichte beleuchtet, oder aber sie durch graue Gläser betrachtet und so die absolute Helligkeit aller grauen Ringe gleichmässig vermindert. Auf diese Weise findet man, dass die absolute Helligkeit innerhalb sehr weiter Grenzen variirt werden kann, ohne dass sich die Deutlichkeit des Contrastes irgendwie verändert. Erst bei sehr starker Verdunkelung der Scheibe oder bei blendender Beleuchtung schwindet der Contrast, indem die Scheibe im ersten Fall fast ganz schwarz, im zweiten fast ganz weiss gesehen wird[1]. Sehen wir aber von diesen Grenzfällen ab, welche offenbar den bei Untersuchung der Intensität der Empfindung aufgefundenen Grenzwerthen entsprechen, so lässt das Gesetz des Helligkeitscontrastes folgendermassen sich formuliren: Der Unterschied der Empfindungen bleibt derselbe, so lange das Helligkeitsverhältniss der einwirkenden Lichtreize constant erhalten wird. Man erkennt unmittelbar, dass dies das nämliche Gesetz ist, welches allgemein die Abhängigkeit der Empfindungsstärke von den einwirkenden Reizen beherrscht. Somit ist der Helligkeitscontrast nur eine besondere Form des psychophysischen Gesetzes, nach welchem der Unterschied zweier Empfindungen der Differenz ihrer Logarithmen proportional ist[2]. Nach der vollständigen Analogie aller Erscheinungen

---

[1]) Ehe bei abnehmender Beleuchtung die volle Verdunkelung der Scheibe eintritt, bemerkt man, dass die Rotationsgeschwindigkeit gesteigert werden muss, um ein continuirliches Grau hervorzubringen. Bei derselben Schnelligkeit, bei welcher in stärkerer Beleuchtung die Eindrücke eben verschmelzen, erscheinen also durch graue Gläser die Sectoren noch flimmernd.

[2]) Mathematisch kann das psychophysische Gesetz für diesen Fall unmittelbar in folgender Weise abgeleitet werden. Bezeichnen wir die an der Grenze zweier Helligkeiten H und H' stattfindenden Empfindungen mit E und E', so lässt sich dem Satz, dass der Contrast der Empfindungen derselbe bleibt, wenn das Helligkeitsverhältniss der einwirkenden Lichtreize constant erhalten wird, die mathematische Form geben:

$$E - E' = f\left(\frac{H}{H'}\right)$$

worin durch das Zeichen f irgend eine näher zu bestimmende Function, z. B.

$$\left(\frac{H}{H'}\right)^2 \text{ oder } \sqrt{\frac{H}{H'}} \text{ oder } \log. \frac{H}{H'} \text{ u. s. w.}$$

angedeutet werden soll. Nehmen wir vorübergehend an, H' bedeute den Schwellenwerth der

des Farbencontrastes wird man aber nicht anstehen, auf diesen das nämliche Gesetz zu übertragen, wenn auch seiner directen experimentellen Nachweisung hier vorerst unüberwindliche Schwierigkeiten im Wege stehen. In der That lehren ja die Contrasterscheinungen nichts anderes, als dass wir die Lichteindrücke in der Empfindung nach ihrem wechselseitigen Verhältnisse bestimmen, ähnlich wie dies mit den Intensitäten aller Empfindungen und mit den Qualitäten der Tonempfindung, den Tonhöhen, auch der Fall ist. Im Gebiete des Lichtsinnes werden die Erscheinungen nur durch das gegenseitige Verhältniss von Lichtstärke und Farbensättigung verwickelter. Ausserdem bilden sich hier, was mit der Eigenschaft des Auges räumliche Vorstellungen der Objecte zu erzeugen in Verbindung steht, aus den Residuen früherer Eindrücke festere Beziehungspunkte für die Beurtheilung der neu einwirkenden Reize, wodurch die einfache Wechselbeziehung der letzteren gestört werden kann.

Hiermit sind wir aber dahin gelangt, das psychophysische Gesetz wirklich als ein allgemeinstes, wie für die Intensität so wahrscheinlich auch für die Qualität aller Empfindungen gültiges Grundgesetz erwiesen zu haben. Nach seiner psychologischen Bedeutung können wir dasselbe ein allgemeines Gesetz der Beziehung nennen. Denn es drückt aus, dass unsere Empfindung kein absolutes, sondern nur ein relatives Maass der äussern Eindrücke gibt. Reizstärken, Tonhöhen und Lichtqualitäten empfinden wir im allgemeinen nur nach ihrer wechselseitigen Beziehung, nicht nach irgend einer unveränderlich festgestellten Einheit, die mit dem Eindruck oder vor demselben gegeben wäre.

Die Erscheinungen des Contrastes sind von den früheren Beobachtern stets auf physiologische Veränderungen der Netzhauterregung bezogen und in dieser Hinsicht mit den Nachbildern in Parallele gebracht worden. Wie bei den letzteren successiv die Netzhaut für entgegengesetzte Erregungszustände disponirt werde, so sollte dies beim Contrast simultan geschehen[1], daher

---

Helligkeit, den wir mit S bezeichnen wollen, so ist dafür $E' = o$, demnach $E = f\left(\frac{H}{S}\right)$. Ebenso wird, wenn man H dem Schwellenwerthe S gleich annimmt, $E' = f\left(\frac{H'}{S}\right)$. Demnach ist auch $E - E' = f\left(\frac{H}{S}\right) - f\left(\frac{H'}{S}\right)$ oder

$$f\left(\frac{H}{H'}\right) = f\left(\frac{H}{S}\right) - f\left(\frac{H'}{S}\right).$$

Die letztere Beziehung ist aber nur dann möglich, wenn die in Rede stehende Function f die logarithmische, oder

$$E - E' = k.\ \log.\ \frac{H}{H'} = k\ \log.\ H - k\ \log.\ H'$$

ist, worin k eine näher zu bestimmende Constante bedeutet. Vgl. FECHNER, Psychophysik II, S. 34 f.

[1]) PLATEAU, ann. de chimie et de phys. t. 58, p. 339.

auch beide von CHEVREUL als successiver und simultaner Contrast unterschieden wurden[1]. FECHNER zeigte, dass manche Erscheinungen, die man dem simultanen Contrast zugerechnet hatte, auf einen successiven, auf eine Veränderung der Lichtempfindung durch Nachbilder zu beziehen seien, bewies aber anderseits auch die Unabhängigkeit anderer Contrasterscheinungen von den Nachbildern und stellte in Bezug auf eines der auffallendsten Contrastphänomene, die farbigen Schatten, bereits die Mitwirkung eines psychologischen Factors fest[2]. Nähere Nachweise über die Bedingungen des Contrastes wurden von BRÜCKE[3]) und H. MEYER[4]) gegeben, wobei namentlich letzterer schon auf die Abhängigkeit vom Sättigungsgrad der Farben aufmerksam machte. Der bisher geltenden physiologischen Theorie setzte endlich HELMHOLTZ eine psychologische entgegen[5], die zunächst die empiristische Form annahm und sich namentlich auf die MEYER'schen Versuche stützte. Er wies mit Recht darauf hin, dass der Contrast bedeutend vermindert wird, sobald wir den inducirten Eindruck auf ein gesondertes Object beziehen, verkannte aber, wie ich glaube, die wahre Bedeutung der Sättigungsverhältnisse der contrastirenden Farben, weil er zu sehr an die speciellen Bedingungen des MEYER'schen Versuchs sich hielt. Die contrasterhöhende Wirkung des bedeckenden Briefpapiers bezieht nämlich HELMHOLTZ darauf, dass wir den grauen Fleck scheinbar durch eine farbige Bedeckung sehen sollen. Befindet sich z. B. ein graues Papierstückchen auf rothem Grunde, und decken wir nun ein durchscheinendes Papier darüber, so sollen wir Alles durch ein gleichförmig gefärbtes rosarothes Papier zu sehen glauben: ein Object, welches durch ein rosarothes Medium gesehen grau empfunden wird, müsse aber grünlich blau sein, und daher erscheine der graue Fleck in dieser Farbe. Aehnlich ist seine Erklärung des Versuchs von RAGONI SCINA mit der spiegelnden Glasplatte. Demzufolge sieht HELMHOLTZ die Contrasterscheinungen im wesentlichen als Urtheilstäuschungen an. Bei den farbigen Schatten vollzieht sich nach ihm diese Täuschung in folgender Weise: Wir sind gewohnt das verbreitete Tageslicht weiss zu sehen; ist nun ausnahmsweise dasselbe nicht weiss, sondern röthlich, so ignoriren wir diese Abweichung ganz oder theilweise; wenn wir aber eine röthliche Beleuchtung weiss sehen, so muss uns ein in Wirklichkeit grauer Schatten so erscheinen, als wenn ihm zu Weiss etwas rothes Licht fehlte, also grünblau. Gegen diese Theorie erheben sich jedoch schon mit Rücksicht auf die Ausführung der Versuche erhebliche Bedenken. Wenn beim MEYER'schen Versuch wirklich die Täuschung obwaltete, dass wir durch ein gefärbtes Papier zu sehen glauben, so müsste der Contrast um so intensiver sein, je mehr das Papier gefärbt ist, je durchscheinender man also die Bedeckung nimmt: dies ist aber nicht der Fall, sondern man findet, dass eine sehr dünne Bedeckung auf gesättigtem Grunde fast gar keinen Contrast gibt, dass das bedeckende Papier also offenbar durch die Abnahme der Sättigung wirkt. Aehnlich ist beim Versuch von RAGONI SCINA diejenige Stellung der Glasplatte die günstigste, bei welcher sich hinreichend

[1]) CHEVREUL, mém. de l'acad. des sciences. XI, p. 447.

[2]) FECHNER, POGGENDORFF's Ann. Bd. 44, S. 221, 513, und Bd. 50, S. 193, 427. Ergänzungen dazu in den Berichten der sächs. Gesellsch. 1860, S. 71.

[3]) POGGENDORFF's Ann. Bd. 84, S. 424. Denkschriften der Wiener Akademie, III, S. 95. Sitzungsber. derselben. Bd. 49, S. 1.

[4]) POGGENDORFF's Annalen, Bd. 95, S. 170.

[5]) Physiologische Optik, S. 388 f.

viel weisses Licht beigemischt hat. Was ferner die farbigen Schatten betrifft, so sind dieselben dann ganz besonders deutlich, wenn man die gefärbte Beschaffenheit der Beleuchtung gut erkennt, wenn man also z. B. nur ein beschränktes Feld farbig beleuchtet: der graue Schatten innerhalb dieses Feldes erscheint dann ausserordentlich deutlich in der Complementärfarbe, obgleich man nicht den geringsten Grund hat die Farbe des Feldes mit der des Tageslichtes, gegen welche sie sich deutlich abhebt, zu verwechseln. Auf die Farben- und Helligkeitscontraste an der rotirenden Scheibe des Farbenkreisels sind endlich alle diese Erklärungen gar nicht anwendbar. Die Theorie der Urtheilstäuschungen begeht den Fehler, dass sie die Empfindung als etwas Absolutes ansieht, von der dann die Contrastphänomene auffallende Ausnahmen bilden. Es ist nun allerdings nicht zu bestreiten, dass die Reproduction früherer Eindrücke oder die directe Vergleichung mit einem andern, unabhängigen Eindruck die Empfindung beeinflussen kann. Aber es modificirt dann diese Vergleichung umgekehrt die ursprüngliche Empfindung, welche sich in Qualität und Intensität überall nach dem Verhältniss zu andern Empfindungen feststellt. Darum bilden auch jene Modificationen der Empfindung durch Reproduction und Vergleichung keine eigentliche Ausnahme von dem Gesetz der Beziehung, wie wir es oben formulirt haben, sondern es tritt bei ihnen nur die Beziehung zu früheren oder zu unabhängig stattfindenden Eindrücken an die Stelle der für die ursprüngliche Empfindung näher liegenden Beziehung zu den unmittelbar mit einander einwirkenden Reizen. Die gezwungene Deutung, welche die Helmholtz'sche Theorie den meisten Contrasterscheinungen gibt, ist wohl die Ursache gewesen, dass auch nach Aufstellung derselben eine Reihe von Beobachtern, wie Fechner [1]), Rollett [2]), E. Mach [3]), an der Hypothese einer physiologischen Wechselwirkung der Netzhautstellen festhielten, wenn sie auch für einzelne Fälle das Hereingreifen eines so genannten Urtheilsprocesses zuzugeben geneigt waren. Aber der Nachweis, dass eine Netzhautstelle den Reizungszustand der andern direct beeinflusst, lässt sich nirgends führen, und so muss wohl der psychologische Ursprung der Contrasterscheinungen zugegeben werden. Auf die Beziehung der letzteren zu dem psychophysischen Gesetz habe ich bereits früher hingewiesen [4]), ohne dieselbe aber als eine so unmittelbare zu erkennen, wie ich sie oben nach den Beobachtungen über Helligkeitscontraste darzustellen versuchte; auch schloss ich mich damals im einzelnen noch der Helmholtz'schen Theorie der Contrasterscheinungen an, auf deren Unhaltbarkeit ich erst durch die oben auseinandergesetzten Thatsachen geführt wurde.

Auch der psychologischen Bedeutung des psychophysischen Gesetzes im allgemeinen habe ich einen etwas andern Ausdruck zu geben gesucht, als früher. Fechner, der dieses Gesetz in die Psychologie einführte, hat die Frage nach seiner Bedeutung ganz unerörtert gelassen; er hebt nur hervor, dass es ohne Zweifel als ein zwischen dem Nervenprocess, der von ihm so genannten psychophysischen Thätigkeit, und der Empfindung gültiges, also im eigentlichen Sinne als ein psychophysisches Gesetz zu betrachten sei, und dass die scheinbaren

---

[1]) Leipziger Berichte 1860. S. 131.
[2]) Wiener Sitzungsber. Bd. 55. April 1867. Separatabdruck S. 21.
[3]) Ebend. Bd. 52, S. 317. Vierteljahrsschr. f. Psychiatrie II, 1868. S. 46.
[4]) Vorlesungen über die Menschen- und Thierseele I, S. 198.

Ausnahmen von demselben wohl immer auf eine Disproportionalität zwischen Reiz und Nervenprocess zurückgeführt werden müssten[1]). Die letztere Bemerkung geht namentlich gegen diejenige Ansicht, welche demselben lediglich die Bedeutung einer empirischen Formel gibt, für die unter Umständen auch andere Näherungsformeln eintreten könnten[2]). Ich habe versucht die psychologische Natur des Gesetzes anschaulich zu machen, indem ich es auf einen Act der Vergleichung zurückführte und die Empfindung, insofern sie durch das psychophysische Gesetz bestimmt ist, einen Vergleichungsschluss nannte, als dessen Grundlage die Thatsache angesehen werden müsse, dass wir in der Empfindung im allgemeinen nur ein relatives, kein absolutes Maass der äussern Eindrücke besitzen[3]). Hierin ist im wesentlichen schon das nämliche angedeutet, was ich oben in der Auffassung des psychophysischen Gesetzes als eines allgemeinen Gesetzes der Beziehung auszudrücken suchte; nur ist in der früheren Darstellung die logische Einkleidung gewählt, von welcher ich hier abgesehen habe, weil sie leicht zu dem Missverständnisse Veranlassung geben kann, als handle es sich wirklich um Urtheile und Schlüsse derselben Art, wie wir sie als Ergebnisse unserer Verstandesthätigkeit kennen. Die Möglichkeit einer logischen Einkleidung ist hier wie überall gleichsam eine Probe darauf, dass wir es mit psychologischen Vorgängen zu thun haben; da aber die eigenste Natur dieser Vorgänge durch die logische Form nicht wiedergegeben wird, so ist es wohl zweckmässiger, in einer psychologischen Darstellung von jener Einkleidung abzusehen. Die allgemeine Frage, wie sich die ursprünglichsten psychischen Processe der Empfindung und der Vorstellungsbildung zu den Acten bewusster Verstandesthätigkeit verhalten, bewahren wir einem späteren Orte vor[4]).

Eine Ableitung des psychophysischen Gesetzes aus dem Princip der Zweckmässigkeit hat J. J. Müller versucht[5]). Das psychophysische Gesetz sagt nämlich aus, dass 1) der Empfindungsunterschied derselbe bleibt, wenn das Reizverhältniss constant erhalten wird, und dass 2) die Empfindung erst bei einem bestimmten endlichen Werth des Reizes, dem Schwellenwerthe, beginnt, wobei die Grösse des Schwellenwerthes offenbar durch die Erregbarkeit der nervösen Organe mitbestimmt wird. Nehmen wir nun an, es verändere sich die Empfindung dadurch, dass bloss der Reiz variirt wird, während die Erregbarkeit, also der Schwellenwerth S des Reizes, derselbe bleibt: dann werden die durch zwei Reize R und R' erzeugten Empfindungen E und E' ausgedrückt durch die Formeln $E = k. \log. \frac{R}{S}$ und $E = k. \log. \frac{R'}{S}$, also ist der Empfindungsunterschied

$$E - E' = k \log. \frac{R}{S} - k. \log. \frac{R'}{S} = k. \log. \frac{R}{R'},$$

d. h. der Unterschied zweier Empfindungen ist bloss von dem Verhältniss der Reize, nicht von der Reizbarkeit der nervösen Organe abhängig, da der ihr reciproke Schwellenwerth in der Formel verschwindet. Nehmen wir dagegen an,

---

1) Psychophysik II, S. 428 f., S. 564.

2) Vgl. Helmholtz, physiologische Optik S. 316 und Aubert, Physiologie der Netzhaut S. 68.

3) Vorlesungen über die Menschen- und Thierseele I, S. 133 f.

4) Vergl. Cap. XVI u. XIX.

5) Berichte der sächs. Gesellschaft der Wissensch. Math.-phys. Cl. 1870, S. 328.

der Empfindungsunterschied sei durch veränderte Reizbarkeit, also durch Veränderung des Schwellenwerthes verursacht, so wird

$$E - E' = k. \log. \frac{R}{S} - k. \log. \frac{R}{S'} = k. \log. \frac{S'}{S}.$$

Nun ist also der Empfindungsunterschied bloss von der veränderten Reizbarkeit, nicht von der Grösse des einwirkenden Reizes abhängig [1]. Dies bedeutet offenbar, dass einerseits unsere Schätzung der Reizgrössen mittelst der Empfindungen nicht von dem Zustande der Erregbarkeit beeinflusst wird, falls sich nur die Reize immer über der Schwelle befinden, und dass anderseits auch die Beurtheilung der Erregbarkeit nach der Empfindungsstärke nicht von der Grösse der Reize abhängig ist. Insofern man nun vom praktischen Gesichtspunkte aus die Empfindungen als Zeichen betrachten kann, mittelst deren wir entweder die Stärke der einwirkenden Reize oder den Zustand unserer empfindenden Organe erkennen, lässt sich diese Unabhängigkeit als ein praktischer Vorzug der durch das psychophysische Gesetz ausgedrückten Beziehung betrachten. Es versteht sich von selbst, dass die allgemeinere Begründung, die wir oben dem genannten Gesetz zu geben suchten, diese speciellere Anwendung auf die praktische Wahrheit unserer Empfindungen nicht ausschliesst, aber offenbar ist die letztere mehr secundärer und begleitender Art. Die wirkliche Erklärung eines derartigen Princips muss immer eine theoretische sein und kann daher aus solchen praktischen Hülfsmaximen, so sehr sie auch geeignet sind die Bedeutung des Princips von einer andern Seite her zu beleuchten, nicht gewonnen werden.

Eine physiologische Erklärung des psychophysischen Gesetzes hat endlich J. Bernstein zu geben versucht [2]. Er vermuthet, dass die langsamere Steigerung der Empfindung mit wachsendem Reize in einem Widerstande ihren Grund habe, welcher sich der Fortpflanzung der Erregung entgegensetze, indem er sich dabei auf die Hemmungserscheinungen beruft, die von der centralen Substanz ausgehen [3]. Um nun die logarithmische Function zu erklären, setzt er voraus 1) dass die Hemmung innerhalb der centralen Substanz proportional der Grösse des Reizes sei, und 2) dass wir die Intensität einer Empfindung nach dem Wege abschätzen, welchen die Erregung im Centrum zurücklegt. Diese Hypothese scheint mir aber eine ausserordentlich geringe innere Wahrscheinlichkeit zu besitzen. Die beiden Voraussetzungen sind eben nur gemacht, um das psychophysische Gesetz zu finden, im übrigen ganz und gar willkürlich. Die psychologische Theorie, die wir oben entwickelt haben, geht dagegen, wie dies auch Fechner thut, von der ganz entgegengesetzten und offenbar viel wahrscheinlicheren Annahme aus, dass innerhalb der Grenzen, zwischen denen das Gesetz gilt, Proportionalität zwischen Reiz und Nervenprocess bestehe. Diese Annahme führt keineswegs, wie Bernstein glaubt [4], »zu dem absurden Schlusse, dass wir für die natürlichen Logarithmen einen angeborenen Sinn haben«, sondern die logarithmische Function ist eben nur der mathematische Ausdruck für das allgemeine Gesetz der Beziehung, welches unsere Empfindung beherrscht.

---

1) J. J. Müller hat eine andere, weniger elementare Ableitung gegeben (a. a. O., S. 330 f.).

2) Reichert's und du Bois Reymond's Archiv. 1868. S. 388. Untersuchungen über den Erregungsvorgang S. 178.

3) Vergl. Absch. I, Cap. VI.

4) Reichert's und du Bois' Archiv a. a. O., S. 392.

Zehntes Capitel.

Sinnliche Gefühle.

Wenn die Empfindung an und für sich, losgelöst von ihrer Beziehung zu dem Bewusstsein, in welchem sie vorkommt, betrachtet wird, so sind Qualität und Intensität die einzigen Bestandtheile, in welche sie zerlegt werden kann. Die wirklichen Empfindungen existiren aber in dieser Abstraction ebenso wenig, als Qualität und Intensität getrennt vorkommen, sondern sie sind uns nur als Zustände unseres Bewusstseins bekannt. Wir können den Ausdruck unbewusste Empfindungen unter Umständen anwenden, um damit die Nachwirkung einer bewussten Empfindung oder einen ihr vorausgehenden Zustand zu bezeichnen, auf dessen Existenz aus irgendwelchen Momenten, die in's Bewusstsein fallen, geschlossen werden muss. Aber als ein nach Qualität und Intensität bestimmter Zustand ist die Empfindung nur im Bewusstsein gegeben; in Wirklichkeit existirt sie daher auch immer nur in ihrer Beziehung zu demselben. Diese Beziehung nennen wir das sinnliche Gefühl oder wohl auch den Gefühlston der Empfindung. Letzteres ist, analog der Klangfarbe oder dem Farbenton, ein übertragener Ausdruck.

Wir bezeichnen das sinnliche Gefühl als angenehm oder unangenehm, als ein Lust- oder Unlustgefühl. Lust und Unlust sind aber gegensätzliche Zustände, welche durch einen Indifferenzpunkt in einander übergehen. Darin liegt ausgesprochen, dass es Empfindungen geben muss, welche unbetont, nicht von sinnlichen Gefühlen begleitet sind. Aber da die Beziehung der Empfindungen zum Bewusstsein fortwährenden Schwankungen unterworfen ist, so entspricht jener Indifferenzpunkt im Allgemeinen immer nur einer vorübergehenden Gemüthslage, von welcher aus leicht ein Uebergang zu Lust- oder Unlustgefühlen stattfindet. Ebendesshalb muss jede Empfindung als verbunden mit einem gewissen Grad von Gefühl betrachtet werden. Doch gibt es zahlreiche Empfindungen, deren Gefühlston sehr schwach ist, so dass sie fortwährend um jenen Punkt der Indifferenz sich bewegen. Andere sind fast immer von starken Gefühlen begleitet, so dass bei ihnen der Gefühlston mehr als die sonstige Beschaffenheit der Empfindung sich der Beobachtung aufdrängt. Die ersteren pflegt man im engeren Sinne Empfindungen, die letzteren, indem man den Theil für das Ganze setzt, sinnliche Gefühle zu nennen.

Da das Gefühl aus der Beziehung zum Bewusstsein entspringt, das letztere aber wechselnde und schwer zu zergliedernde Bedingungen für die Gefühlsbetonung der Empfindungen mit sich führt, so entzieht sich das Gefühl weit mehr als die ursprünglichen Bestandtheile der Empfindung einer eingehenden Analyse. Die Empfindung kann ungeändert bleiben, während doch das begleitende Gefühl wechselt. Die Bedingungen dieses Wechsels würden nur dann zu durchschauen sein, wenn wir für den veränderlichen Zustand des Bewusstseins ein Maass besässen. Anderseits ist das Gefühl durch die Intensität und Qualität der Empfindung bestimmt, und es kann daher nicht als ein ähnlich unabhängiger Bestandtheil derselben wie die letzteren gedacht werden. Hierdurch kommt schon in die Beschreibung der Gefühle eine kaum zu überwindende Unklarheit. Specifische Bezeichnungen von ähnlicher Unzweideutigkeit, wie sie die Sprache für die Sinnesqualitäten geschaffen hat, fehlen gerade für die sinnlichen Gefühle gänzlich, da dieselben für das sprachbildende Bewusstsein offenbar völlig mit den zu Grunde liegenden Empfindungen verschmolzen sind. Man hilft sich daher mit Ausdrücken, die entweder dem Gebiet der von zusammengesetzteren Vorstellungen und ihrem Verlauf abhängigen Gemüthsbewegungen entnommen sind, oder man benützt sogar Analogieen mit rein intellectuellen Vorgängen. So gehören im Grunde schon die allgemeinen Bezeichnungen Lust und Unlust, noch mehr aber Freude und Leid, Ernst und Heiterkeit u. s. w. einer höheren Gefühlssphäre an, und eine Vermengung mit intellectuellen Vorgängen ist es, wenn die Lust ein Bejahen, die Unlust eine Verneinung genannt wird [1], oder wenn man die Lustgefühle auf eine Förderung und Uebereinstimmung, die Unlustgefühle auf eine Störung des Befindens, auf einen Widerstreit des Reizes mit den Bedingungen der Erregbarkeit zurückführt [2]. Denn auch im letzteren Falle ist es zweifelsohne erst die nachträgliche Reflexion, welche uns sagt, dass die sinnlichen Lustgefühle im allgemeinen mit solchen Empfindungsreizen verbunden seien, die unser physisches Sein heben, die Unlustgefühle mit solchen, die dasselbe irgendwie hemmen oder bedrohen.

Indem wir das sinnliche Gefühl als eine d r i t t e Bestimmung der Empfindung betrachten, welche zu Qualität und Intensität erst hinzutritt, insofern die Empfindung Bestandtheil eines Bewusstseins ist, weisen wir damit zwei andere Auffassungen zurück, von denen die eine der hier entwickelten äusserlich nahe verwandt scheint, da sie das Gefühl als eine unmittelbare Affection der S e e l e durch die Empfindung ansieht, während die zweite sich ihr entgegensetzt, da sie das Gefühl, statt auf die Bezie-

---

[1] Aristoteles, de anima III, 7.
[2] Lotze, medicinische Psychologie, S. 263.

hung der Empfindungen zum Bewusstsein, vielmehr auf das wechselseitige Verhältniss der Empfindungen oder Vorstellungen zu einander zurückführt. Die erste dieser Auffassungen, die von ARISTOTELES bis auf KANT und die Neueren die meisten psychologischen Beobachter zu ihren Vertretern zählt, setzt an die Stelle des empirischen Begriffs des Bewusstseins den metaphysischen der Seele. Ueber Lust und Schmerz der Seele sagt uns aber unsere Erfahrung gar nichts. In dieser kennen wir nur Zustände unseres Bewusstseins, und so nehmen wir auch das sinnliche Gefühl als eine unmittelbare Affection des Bewusstseins durch die Empfindung wahr. Inwiefern diese etwa auf eine Reaction des substantiellen Hintergrundes hinweist, welchen wir zu den Thatsachen des Bewusstseins voraussetzen, dies kann erst Gegenstand einer metaphysischen Untersuchung sein, deren Resultat in der rein erfahrungsmässigen Bestimmung des Gefühls nicht anticipirt werden darf. Die zweite Auffassung ist ursprünglich aus verwickelteren Gefühlsformen, theils aus denen des ästhetischen Eindrucks, wo zunächst die Beobachtungen über die Harmonie und Disharmonie zusammenwirkender Töne auf sie geführt haben, theils aus den an die Bewegung der Vorstellungen gebundenen Gemüthsbewegungen abstrahirt worden. Nach dieser Ansicht, welche hauptsächlich in HERBART und seiner Schule vertreten ist, resultiren die Gefühle überall aus einer Wechselwirkung der Vorstellungen. Die gegenseitige Hemmung der Vorstellungen begründet das Gefühl der Unlust, ihre gegenseitige Verbindung und Förderung das Gefühl der Lust. Eine solche Theorie begegnet aber der grossen Schwierigkeit, dass sie gerade die einfachste Form des Gefühls, das sinnliche Gefühl, unerklärt lässt. Wenn wir zugeben, dass eine für sich bestehende Empfindung schon von Gefühl begleitet sein kann, so lässt sich ein solches Gefühl nicht aus einer Wechselwirkung von Vorstellungen ableiten. Unmöglich können aber die sinnlichen Gefühle als Zustände betrachtet werden, die von den zusammengesetzteren Gemüthsbewegungen völlig verschieden wären[1]), da sie häufig die elementaren Factoren derselben abgeben. Wie ihnen, so wohnt allen Gefühlen die Eigenschaft bei, dass sie nicht bloss durch die Form, in der das innere Geschehen abläuft, sondern zunächst und hauptsächlich durch den besonderen Inhalt der einzelnen Empfindungen und Vorstellungen bestimmt werden.

Die Eigenschaft des Bewusstseins, sich bei allem Wechsel seiner Zustände als das nämliche zu erkennen, hängt mit zwei Fundamentalgesetzen der innern Erfahrung zusammen, von denen wir das eine, das Gesetz der Beziehungen, bereits kennen lernten¹, das andere, das Gesetz der Association, später besprechen werden. Beide setzen das Gesetz

---

[1]) NAHLOWSKY, das Gefühlsleben. Leipzig 1862. S. 13 f.

der Reproduction voraus, das im Grunde nur ein anderer Ausdruck für jene Eigenschaft des Bewusstseins ist. Sobald man sich aber nach den speciellen Regeln umsieht, nach welchen die Reproduction geschieht, so wird man auf das Gesetz der Beziehung und auf das Gesetz der Association geführt, welches letztere, wie wir später sehen werden, wieder in einige Untergesetze getrennt werden kann [1]. Nach dem Gesetz der Beziehung wird nun jede Empfindung nach Intensität und Qualität im Verhältniss zu andern, gleichartigen Empfindungen aufgefasst. Da solche im allgemeinen dem Bewusstsein nicht gleichzeitig gegenwärtig sind, so beruht dasselbe auf der Möglichkeit der Reproduction. Nach dem Gesetz der Association verbinden sich Vorstellungen nach gewissen Regeln, welche durch die Untergesetze der Association näher angegeben werden, dergestalt, dass die eine Vorstellung, wenn sie dem Bewusstsein gegeben wird, auch die andere in dasselbe zu ziehen strebt. Dies setzt abermals Reproduction voraus. Das wechselnde Spiel des innern Geschehens wird aber erst dadurch möglich, dass fortwährend noch eine weitere Thatsache sich wirksam erweist, die gleich der Reproduction mit der eigensten Natur des Bewusstseins zusammenhängt, nämlich die Enge des Bewusstseins, vermöge deren der jeweils gegenwärtige Inhalt des letzteren immer nur ein eng begrenzter ist. Nach dem Gesetz der Beziehung weisen wir jeder einzelnen Empfindung ihre Stelle in dem System gleichartiger Empfindungen an, also der Farbe ihre Stelle im Continuum der Lichtempfindungen, dem Klang seine Stelle in der Tonreihe und unter den Klangqualitäten, u. s. w. Das Gesetz der Association bezieht sich ursprünglich nicht auf reine Empfindungen, sondern auf Vorstellungen, aber insofern diese aus Empfindungen zusammengesetzt sind, können die an gewisse Vorstellungen geknüpften Associationen sich auch auf die reinen Empfindungen übertragen, welche in die Vorstellungen eingehen. Die reine Empfindung Grün kann also z. B. durch Association dieselben Vorstellungen wie eine grüne Wiese oder Waldfläche erwecken. Das Verhältniss einer einzelnen Empfindung zum Bewusstsein ist nun ganz und gar durch das Gesetz der Beziehung und durch das Gesetz der Association bestimmt. Vermöge des ersten fasst ein jedes Bewusstsein die Empfindung in ihrer Relation zu den andern ihm disponibeln Empfindungen auf, und vermöge des zweiten setzt ein jedes Bewusstsein die gegenwärtige Empfindung in Verbindung mit andern, mit denen sie durch Associationen zusammenhängt. Jene Relationen, in welche die unmittelbaren Empfindungen treten, sind aber natürlich viel gleichförmiger als die Verbindungen durch Association, bei denen die besonderen Erlebnisse des individuellen Bewusstseins eine wesentliche Rolle spielen.

---

[1] Vergl. Cap. XIX.

Mit dem Gesetz der Beziehung steht der Einfluss der **zeitlichen Dauer** der Empfindungen auf den Gefühlston derselben in nahem Zusammenhang. Jede Empfindung, welche durch starke Reize verursacht ist, verliert bei länger dauernder Einwirkung der letzteren an Intensität und qualitativer Bestimmtheit. Anderseits können mässige Reize, wenn sie einige Zeit andauern, eine Summation ihrer Wirkungen hervorbringen. Hierin liegt es begründet, dass sich das Gefühl niemals eine längere Zeit hindurch auf constanter Höhe erhält, sondern bei gleich erhaltenen Reizen zwischen seinen beiden Gegensätzen hin- und herbewegt. Lange dauernder Schmerz nähert sich, indem die Reizempfänglichkeit allmälig abgestumpft wird, dem Indifferenzpunkt, und eine mit Lustgefühl verbundene Empfindung kann, indem bei wiederholter Reizung die Empfindlichkeit wächst, schliesslich in ein Unlustgefühl umschlagen. Zu diesen in der allgemeinen Abhängigkeit der Empfindung vom Reiz begründeten Ursachen tritt noch eine weitere hinzu, die in dem Wesen des Gefühls selber liegt. Letzteres beruht durchaus auf dem Wechsel von Gegensätzen. Es gibt kein Gefühl, dem nicht ein contrastirendes Gefühl gegenüberstände. Jedes Gefühl wird daher durch sein Gegengefühl in seiner eigenen Stärke gehoben und sinkt gegen den Indifferenzpunkt herab, wenn das Bewusstsein des contrastirenden Zustandes undeutlicher wird. Daher das so viel frischere Lustgefühl, das der Reconvalescent durch seine normalen Gemeinempfindungen erhält, im Vergleich mit dem dauernd Gesunden, welchem erst allerlei kleine Schmerzen die Lust des Daseins ins Gedächtniss rufen müssen. Daher das eminente Lustgefühl, das an die verschiedensten Formen des Spiels, vom einfachsten Hazardspiel der Würfel bis hinauf zur dramatischen Kunstform gebunden ist [1]. Denn in dem Spiel wechseln am schnellsten Hoffnung und Freude, Schmerz und Befriedigung.

Als eine gemischte Erscheinung, welche grossentheils in dem Gesetz der Beziehung ihre Wurzel hat, bei der aber doch auch den Associationen eine gewisse Rolle zufällt, erheischt endlich die Thatsache, dass wir bestimmten Empfindungen einen analogen Gefühlston beilegen, eine gesonderte Untersuchung. Intensives Licht und laute Klänge, dunkle Beleuchtung und tiefe Töne sind Beispiele solcher Analogieen, die sich über das ganze Gebiet unserer Empfindungen erstrecken, und die dem Gefühlston einer jeden Empfindung durch die unwillkürliche Verknüpfung derselben mit andern vom gleichen Gefühlston eine grössere Stärke verleihen. Diese Verbindung nach dem übereinstimmenden Gefühl wirkt vielfach auf die Bezeichnung der Empfindung selber zurück, wie die Ausdrücke Klangfarbe, Farbenton, Farbensättigung u. a. bezeugen. Werden auch die letzteren

[1] Vgl. Kant's Anthropologie. Werke Bd. 7, 2. S. 146.

häufig für die reinen Empfindungen, ohne Rücksicht auf die sie begleitenden Gefühle, gebraucht, so lässt sich doch nicht verkennen, dass der Geist der Sprache in ihnen weit unmittelbarer eine Beziehung auf das Gefühl anklingen lässt, als dies bei den einfachen Empfindungsbegriffen Farbe, Ton, Klang u. s. w. der Fall ist. Dies rührt eben daher, dass alle diese Analogieen der Empfindung in der Uebereinstimmung der begleitenden sinnlichen Gefühle ihren Grund haben. Zwischen einem Klang und einer Farbe besteht, wenn beide ohne jede Rücksicht auf den ihnen zukommenden Gefühlston betrachtet werden, nicht die geringste Analogie: beide sind dann disparate, nicht mit einander vergleichbare Qualitäten. Die Analogie stellt erst im Gefühle sich her, das heisst in der Beziehung der disparaten Empfindungen auf ein Bewusstsein, das auf verschiedenartige Eindrücke übereinstimmend reagirt. Sonach wollen wir zunächst den Zusammenhang der Gefühle mit dem allgemeinen Gesetz der Beziehung, dann ihre Abhängigkeit vom Gesetz der Association betrachten, um hierauf erst die Analogieen der Empfindung nach Ursprung und Bedeutung näher zu untersuchen.

Das Gesetz der Beziehung erstreckt sich über die beiden Bestandtheile der Empfindung, die Intensität und Qualität, und demgemäss wird auch das sinnliche Gefühl nach diesen zwei Seiten hin von jenem Gesetze bestimmt. Die allgemeine Abhängigkeit des Gefühlstones von der Intensität ist am unzweideutigsten bei sehr starken Empfindungen, welche von entschiedenem Schmerzgefühl begleitet sind. Der Schmerz ist ein Unlustgefühl, welches mit der Intensität der Empfindung bis zu einer Maximalgrenze zunimmt. In jedem Sinnesgebiete tritt in einer gewissen Entfernung von dieser Grenze, die der Empfindungshöhe entspricht, Schmerz auf, und indem die Stärke des letzteren bis zur Empfindungshöhe wächst, verschwindet zugleich, wie schon früher bemerkt wurde, mehr und mehr die qualitative Bestimmtheit der Empfindung. Die Empfindung wird also in einer gewissen Entfernung von der Empfindungshöhe zu Unlustgefühl, worauf letzteres zunimmt, bis die Höhe erreicht ist. Jener Punkt nun, wo das Unlustgefühl anfängt, wird offenbar dem Indifferenzpunkt der Gleichgültigkeit entsprechen; unter diesem Punkte aber sind Lustempfindungen zu erwarten. In der That bestätigt dies die Erfahrung, welche bezeugt, dass in allen Sinnesgebieten vorzugsweise Empfindungen von mässiger Stärke von Lustgefühlen begleitet sind. So gehören die Kitzelempfindungen, welche auf rasch wechselnden Hautreizen von geringer Stärke beruhen, die Empfindungen mässiger Muskelanstrengung und Muskelermüdung zu den entschiedensten Lustgefühlen, die wir kennen. Bei den höheren Sinnen

tritt aus Gründen, die wir unten näher entwickeln werden, die Gefühlsbetonung der reinen Empfindungen im allgemeinen mehr zurück. Sie ist am ehesten noch dann nachzuweisen, wenn man möglichst die Beziehung auf zusammengesetzte Vorstellungen beseitigt, also einen einfachen Klang oder eine Farbe für sich einwirken lässt, wo dann unzweifelhaft die zunächst wohlthuende Empfindung bei wachsender Intensität allmälig in ein Unlust- und Schmerzgefühl übergeht. Nimmt die Empfindung mehr und mehr ab, so vermindert sich gleichfalls das Lustgefühl, bis es nahe der Reizschwelle verschwindend klein geworden ist. Hiernach lässt die allgemeine Abhängigkeit des Gefühlstones von der Empfindungs- und Reizintensität etwa folgendermaassen sich darstellen. Denken wir uns den Gang der Empfindungsstärken in der Weise wie in Fig. 69 S. 307 dargestellt, indem wir die Reizgrössen als Abscissen benützen, so können wir die Abhängigkeit des Gefühlstones von der Reizstärke durch eine zweite, davon verschiedene Curve versinnlichen. Dieselbe ist in Fig. 97 punktirt gezeichnet; die ausgezogene Linie wiederholt, um das gleichzeitige Wachsen der Empfindungsstärke zu veranschaulichen, einfach die Fig. 69. Lassen wir bei der punktirten Curve die oberhalb der Abscissenlinie errichteten Ordinaten positive Werthe der Lust, die nach abwärts gerichteten aber negative Werthe der Lust oder solche der Unlust bedeuten, so beginnt die Curve bei der Reizschwelle a mit unendlich kleinen Lustgrössen und steigt dann zu einem Maximum an, welches bei einer gewissen endlichen Empfindungsstärke c erreicht ist. Von da sinkt sie wieder, kommt bei e auf die Abscissenlinie als den Indifferenzpunkt, worauf mit weiterer Zunahme der Reize der Uebergang auf die negative Seite allmälig wachsende Unlustgrössen andeutet, bis schliesslich bei einem Reize m, welcher der Empfindungshöhe entspricht, ein unendlich grosser Unlustwerth erreicht wird, d. h. ein solcher, der Vergleiche mit endlichen Unlustwerthen nicht mehr zulässt. Hierin findet die Erfahrung ihren Ausdruck, dass das Maximum der Schmerzempfindung für alle Sinne das gleiche sei. Die Curve, welche die Abhängigkeit des sinnlichen Gefühls von der Reizstärke darstellt, unterscheidet sich demnach von derjenigen, welche

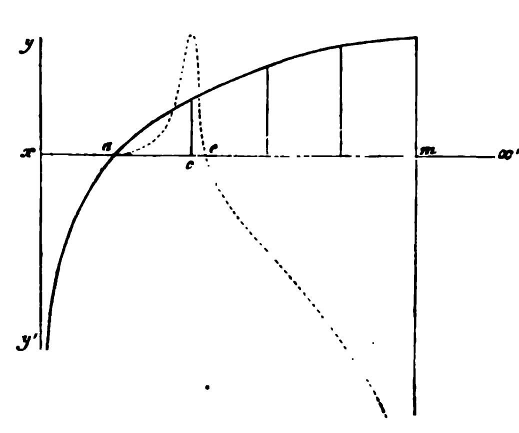


Fig. 97.

den Gang der Empfindungsstärken ausdrückt, wesentlich dadurch, dass die erstere einen Wendepunkt besitzt, womit eben die Bewegung zwischen den entgegengesetzten Zuständen der Lust und Unlust ausgesprochen ist. Ferner hat die Curve der Empfindungsstärken an ihrem Anfang negativ unendliche Werthe, da dem Nullwerth des Reizes die unendlich unbewusste Empfindung entspricht, die Curve der Gefühlsstärken hört dagegen mit negativ unendlichen Werthen auf, indem hier dem endlichen Maximalwerth der Empfindung eine unendlich grosse negative Lustempfindung zugehört. Wie viel Gefühlston einer reinen Empfindung beigemengt sei, wird sich aus dem jeweiligen Verhältniss der Ordinatenwerthe beider Curven ermessen lassen. Die negativen oder unbewussten Empfindungen haben sämmtlich den Gefühlswerth null: diese unter der Schwelle gelegenen Empfindungen können demnach nur als reine Empfindungen in Betracht kommen, was mit dem Satze, dass das Gefühl erst aus der Beziehung der Empfindung zum Bewusstsein entspringt, vollkommen übereinstimmt. Bei den schwächsten positiven Empfindungen ist der Gefühlswerth noch gering, dann aber werden sehr bald Reizstärken erreicht, bei denen der reine Antheil der Empfindung und ihr Gefühlswerth gleicher Weise stark sind. Doch der letztere nimmt wieder ab, worauf in der Gegend des Indifferenzpunktes abermals Empfindungsstärken mit sehr kleinem Gefühlstone kommen müssen; diese Grenze ist übrigens wahrscheinlich eine labile und darum in der Beobachtung schwer festzustellen. Sobald die negativen Gefühlswerthe beginnen, wachsen diese rasch und nähern sich dann unendlichen Werthen. Dies bedeutet aber nichts anderes, als dass bei den stärksten Empfindungen der reine Antheil der letzteren gegen den Gefühlston verschwindet. Solche Empfindungen gehen vollständig auf in dem Unlustgefühl. Zugleich liegt darin angedeutet, dass das höchste Unlustgefühl keine qualitativen Differenzen mehr zeigen kann.

Während Anfang und Ende der Gefühlscurve unzweideutig durch die Werthe der Empfindungsschwelle und der Empfindungshöhe gegeben sind, ist dies nicht so der Fall mit jenen beiden ausgezeichneten Punkten, welche dem Maximum der positiven Lust und dem Indifferenzpunkt entsprechen. Doch lässt einiges über die wahrscheinliche Lage derselben sich aussagen. Was nämlich zunächst den Maximalpunkt betrifft, so scheint die Annahme gerechtfertigt, dass derselbe um den Cardinalwerth der Empfindung gelegen sei, wo die Empfindung einfach proportional der Reizstärke wächst[1]. Bei schwächeren Reizen wird die absolute Grösse der Empfindung zu klein, als dass ein Lustgefühl von hinreichender Stärke sich damit verbinden könnte, bei intensiveren Reizen fehlt es an der genügenden Abstufung

[1] Vergl. S. 309.

in der Intensität der Empfindungen. Dass aber die letztere beim Gefühl eine wesentliche Rolle spielt, geht aus der Unmöglichkeit hervor, bei beharrender Empfindungsgrösse auch dieselben Lustwerthe festzuhalten. Da nun der Gefühlston der Empfindung stets bei einer gewissen Dauer derselben abnimmt, so ist es von vornherein wahrscheinlich, dass diejenigen Reizstärken, welche für den Wechsel der Empfindungen die günstigste Bedingung darbieten, mit den grössten Lustwerthen verbunden seien. Auch die Analogieen aus dem Gebiet der zusammengesetzteren Gemüthsbewegungen, bei denen eine ähnliche Beziehung zwischen den Ursachen der Stimmung und dieser selber wie zwischen Reiz und Gefühl besteht, scheinen dies zu bestätigen. Das Wachsthum des Glücks in seinem Verhältniss zur Zunahme der Glücksgüter folgt im allgemeinen dem psychophysischen Gesetze, insofern für den Besitzer von 100 Thalern ein Zuschuss von einem ebenso viel bedeutet wie für den Besitzer von 1000 ein Zuschuss von 10 Thalern[1]. Aber für die Schätzung kleiner Schwankungen des Glücks ist Derjenige am günstigsten gestellt, bei welchem die Beglückung der Zunahme der äusseren Glücksgüter einfach proportional ist. Unter dieser Grenze ist der absolute Werth der vorhandenen Glücksgüter zu klein, über derselben sind die unter gewöhnlichen Verhältnissen vorkommenden Schwankungen ihrer Werthe in ihrer relativen Grösse zu unbedeutend, um eine zureichende Befriedigung möglich zu machen. Dies bestätigt denn auch die Erfahrung aller Zeiten, nach welcher eine mässige Segnung mit Glücksgütern für das Gefühl der Beglückung die günstigsten Bedingungen bietet. Aehnlich verhält es sich nun auf dem viel elementareren Gebiet des sinnlichen Gefühls, für welches immerhin schon die Regel gilt, dass die Grösse desselben zugleich von dem zeitlichen Wechsel der begründenden Empfindung bestimmt wird[2]. Das Lustgefühl erreicht also wahrscheinlich seinen Höhepunkt nahe bei derselben Grösse der Empfindung, welche auch für die genaue Unterscheidung der objectiven Reize die günstigste ist. Da aber die gewöhnlich ganz zur objectiven Auffassung der Eindrücke verwandte mittlere Empfindungsstärke jedenfalls nicht weit über dem Cardinalwerthe liegt, so ist anzunehmen, dass die Gefühlscurve verhältnissmässig rasch von ihrem positiven Maximum auf den Indifferenzpunkt herabsinkt. Doch kommt hier überall auch in Betracht, dass die Gefühlsstärke mit der zeitlichen Dauer der Empfindungen wandelbar ist, wodurch die Gestalt der Gefühlscurve, namentlich in Bezug auf die Lage ihres Maximums und ihres Indifferenzpunktes, fortwährenden Aenderungen unterworfen sein muss,

---

[1]) Vergl. Fechner, Elemente der Psychophysik I, S. 236.

[2]) Siehe oben S. 430.

selbst wenn die Reizbarkeit und Reizempfänglichkeit constant bleiben, also die Empfindungscurve sich nicht ändert.

Die Abhängigkeit des Gefühls von der Qualität der Empfindung tritt naturgemäss da am deutlichsten hervor, wo der Gefühlston die übrigen Bestandtheile der Empfindung fast ganz absorbirt, bei den Organempfindungen, den Tast-, Geruchs- und Geschmacksempfindungen. Hier allein tritt ein, dass wir geneigt sind, ein bestimmtes Quale der Empfindung an und für sich und ohne Rücksicht auf die Empfindungsstärke zu den Lust- oder Unlustgefühlen zu rechnen. So scheidet man die Geschmacks- und Geruchsempfindungen ohne weiteres in angenehme und unangenehme, indem man z. B. das Süsse zu den angenehmen, das Bittere zu den unangenehmen Geschmäcken rechnet. Aber schon beim Sauren wird man sehr zweifelhaft sein, welche Stellung ihm anzuweisen sei, und wohl eher zu dem Resultate kommen, dass es bei mässiger Stärke den angenehmen, bei grösserer den unangenehmen Gefühlen zugezählt werden müsse. In der That ist es nun auch mit den übrigen Empfindungen nicht anders. Die Empfindung Süss bleibt nur so lange angenehm, als sie eine gewisse Intensität und Dauer nicht überschreitet, und die Empfindung Bitter verliert ihren widrigen Charakter, wenn sich ihre Stärke ermässigt. Mit den Gerüchen verhält es sich ebenso, denn es ist eine bekannte Thatsache, dass Geruchsstoffe, die in concentrirter Form zu den unangenehmsten gehören, bei geeigneter Verdünnung als Wohlgerüche Verwendung finden. Wir können es demnach wohl als ein allgemeines Resultat aussprechen, dass es keine Empfindungsqualität gibt, die absolut angenehm oder unangenehm wäre, sondern dass bei jeder das Gefühl in der vorhin bestimmten Weise Function der Intensität ist, so dass bei einer gewissen mässigen Empfindungsstärke der Gefühlston das Maximum seines positiven Werthes erreicht und dann durch einen Indifferenzpunkt zu immer mehr wachsenden negativen Werthen übergeht. Wohl aber können, wie die Erfahrung gerade bei den mit sehr hervortretendem Gefühlston versehenen Empfindungen lehrt, jene ausgezeichneten Werthe sehr verschiedenen Empfindungsstärken entsprechen, so dass eine gewisse Empfindungsqualität, z. B. das Bittere, schon bedeutende Unlustwerthe erreicht hat, wo eine andere, z. B. das Süsse, noch dem Maximum der Lustwerthe nahe steht. Bei manchen Organempfindungen scheint der Indifferenzpunkt sogar dicht bei der Empfindungsschwelle zu liegen, wodurch jener ganze Abschnitt der Gefühlscurve, welcher den Lustwerthen der Empfindung entspricht, ausserordentlich nahe zusammengedrängt wird. Aber dies steht durchaus im Einklange mit der Erfahrung, wonach alle jene Organempfindungen,

welche das Gefühl der Gesundheit vermitteln, so schwach sind, dass wir uns in den meisten Fällen nicht einmal mit angestrengter Aufmerksamkeit über die dem Gefühl zu Grunde liegenden Empfindungen Rechenschaft geben können, während doch an der Existenz des Gefühls selbst kein Zweifel sein kann. Es ist wahrscheinlich, dass diese wechselnde Lage des Maximums und des Indifferenzpunktes der Gefühle theilweise schon in der ursprünglichen Beschaffenheit der Empfindung ihren Grund hat. Bei solchen Empfindungen, die sich mit wachsendem Reize sehr schnell ihrer Höhe nähern, wird nämlich von selbst der positive Theil der Gefühlscurve nahe an die Reizschwelle gedrängt. Dies scheint nun bei den meisten Organempfindungen in der That der Fall zu sein, was wohl damit zusammenhängt, dass an den sensibeln Nerven der innern Organe Einrichtungen zur Auffassung genau abgestufter Eindrücke, wie sie in allen Sinneswerkzeugen, selbst am grössten Theil der äussern Haut durch die Tastkörper und Endkolben, getroffen sind, nicht vorkommen. Ausserdem ist aber auch die Bedeutung von Einfluss, welche die Empfindungen im entwickelten Bewusstsein erlangen. Solche Empfindungen nämlich, die, wie die Organempfindungen, nicht auf äussere Einwirkungen sondern auf eigene Zustände des empfindenden Subjectes bezogen werden, scheinen, namentlich bei längerer Dauer, leichter den Indifferenzpunkt zu überschreiten. Dies ist durch die innigere Beziehung jener Empfindungen zum Bewusstsein, auf die wir unten kommen werden, bedingt. Da aber diese Beziehung keine ursprüngliche ist, sondern für das ausgebildete Selbstbewusstsein erst existirt, so kann immerhin auch die hiervon abhängige Tendenz der Organempfindungen zu Unlustgefühlen erst als eine secundäre angesehen werden.

Unter den Schallempfindungen bieten vorzugsweise die Tonhöhen und Klangfarben Anlass zu mannigfachen Gefühlen. Aber wir finden uns hier ganz besonders in der Lage, dass wir für das sinnliche Gefühl selbst keinen Ausdruck besitzen, sondern höchstens zusammengesetzte Gemüthsbewegungen anzugeben wissen, in welche es zuweilen als elementarer Factor eingeht. Dabei bleibt überdies die Bezeichnung eine ziemlich vage, da ein und dasselbe elementare Gefühl an sehr mannigfachen Stimmungen betheiligt sein kann.

Das mit der Tonhöhe verbundene Gefühl lässt nach den Gemüthslagen, denen es entspricht, nur eine sehr allgemeine Bestimmung zu. Tiefe Töne scheinen uns dem Ernst und der Würde, hohe Töne der Heiterkeit und dem Scherz einen Ausdruck zu geben, während die mittleren Höhen der Tonscala mehr einer gleichförmig angenehmen Stimmung ent-

sprechen[1]. Unendlich mannigfaltiger sind schon die Gefühle, die sich an die Klangfarbe anschliessen. Aber wie die letztere auf eine Mehrheit von Tönen zurückgeführt werden kann, so scheint es möglich, auch das begleitende Gefühl aus jenen Grundcharakteren der Stimmung abzuleiten, welche der wechselnden Tonhöhe innewohnen. Diejenigen Klangfarben nämlich, bei denen der Grundton rein oder nur mit den nächsthöheren Obertönen verbunden ist, wie z. B. die von den Flötenpfeifen der Orgel hervorgebrachten Klänge, sind dem Ausdruck ernsterer Stimmungen angepasst, wogegen solche Klangfarben, welche auf dem starken Mitklingen hoher Obertöne beruhen, wie die Klänge der meisten Streich- und Blaseinstrumente, mehr den heiter oder leidenschaftlich angeregten Gemüthslagen entsprechen. Wo der durch die Klangfarbe hervorgerufene Gefühlston mit demjenigen in Widerspruch steht, welcher der Tonhöhe der Klänge verbunden ist, da können sich Gefühle von eigenthümlicher Färbung bilden, deren Wesen eben auf dem Contraste ihrer Empfindungsgrundlagen beruht. Sie liegen jenen zwiespältigen Stimmungen zu Grunde, welche die Sprache in ihrem Extrem metaphorisch als Zerrissenheit des Gemüths bezeichnet, während ihre mässigeren Grade die verschiedensten Färbungen melancholischer Stimmung darstellen. Diese Gefühle finden daher zuweilen in den Klangfarben der Streichinstrumente von geringer Tonhöhe ihren adäquaten Ausdruck. Ganz anders gestaltet sich unter denselben Bedingungen der Gefühlscharakter des Klangs, wenn dieser, wie bei den Blechinstrumenten, gleichzeitig eine bedeutende Stärke besitzt. Hier gewinnt der Klang den Charakter energischer Kraft. Wo der Grundton überwiegt, wie beim Horn, da erscheint dann diese Kraft durch Ernst gedämpft, und kann, bei sinkender Klangstärke, selbst bis zur Schwermuth herabgedrückt werden. Zu seinem lautesten Ausdruck kommt jenes Kraftgefühl bei dem von hell schmetternden Obertönen begleiteten Schall der Trompete. Ernst mit gewaltiger Kraft gepaart klingt endlich in den Tonmassen der Posaune und des Fagotts an. Natürlich kann übrigens ein und derselbe Klang durch wechselnde Stärke mehr dem einen oder dem andern Gefühlston angepasst werden. Dabei kommt in Betracht, dass sich mit der Stärke immer auch etwas die Klangfarbe verändert, da bei wachsender Klangstärke die höheren Obertöne stärker mitklingen. Gehoben wird endlich die Wirkung durch die Verhältnisse der zeitlichen Dauer der Klänge. Der langsame Wechsel der letzteren gibt den ernsten und schwermüthigen, der schnelle den freudigen und gehobenen Stimmungen Ausdruck, daher die langsame Klangbewegung die Wirkung der tiefen, die rasche diejenige der hohen Tonlagen verstärkt.

---

[1] Deutlicher als unser tief und hoch enthalten die griechisch-lateinischen Benennungen βαρύ, grave und ὀξύ, acutum die Hinweisung auf diese Bedeutung der Töne.

Diese Verbindung wird überdies durch die physiologischen Bedingungen der Tonauffassung begünstigt, indem langsame Tonschwingungen im Ohr nicht so rasch gedämpft werden als schnelle und desshalb eine längere Nachdauer der Erregung zurücklassen, welche den schnellen Wechsel der Empfindungen erschwert[1]).

Der Charakter solcher Klänge, die von hohen Obertönen begleitet sind, gewinnt nicht selten dadurch eine eigenthümliche Beschaffenheit, dass einzelne dieser höheren Partialtöne mit einander Schwebungen bilden und so Dissonanz erzeugen. Wo auf diese Weise die Dissonanz nur einen Klang begleitet, dessen überwiegende Bestandtheile consonant sind, da fügt sie der sonstigen Wirkung die Eigenschaft einer gewissen Unruhe hinzu, welche in dem raschen Wechsel der dissonirenden Klangbestandtheile ihren unmittelbaren sinnlichen Grund hat. Diese Unruhe kann aber natürlich verschiedene Färbungen annehmen, die sich nach der sonstigen Natur des Klanges richten. Hat dieser einen sanfteren Charakter, so liegt in der Dissonanz der höheren Partialtöne das sinnliche Element einer melancholisch-zerrissenen Gemüthsstimmung; starken Klängen theilt sich dagegen die Stimmung ungeduldiger Energie mit. Derselbe Charakter der Unruhe gelangt zur vorherrschenden Wirkung bei dissonanten Zusammenklängen, bei welchen jene wechselseitige Störung, die im vorigen Fall nur einzelne Partialklänge betroffen hat, über eine ganze Klangmasse sich ausdehnt. Wenn solche unruhige Stimmungen möglichst stark ausgedrückt werden sollen, so bedient sich daher die harmonische Musik dissonanter Zusammenklänge. Dabei verlangt die melancholische Stimmung, wie überhaupt eine getragenere Tonbewegung, so auch langsamere Schwebungen, während den energischeren Gemüthsbewegungen, die durch rasch bewegliche Klangmassen musikalisch geschildert werden, die scharfe, geräuschähnliche Dissonanz mehr entspricht. Aber da alle ästhetische Wirkung der Befriedigung zustrebt, so verlangt die Dissonanz in allen Fällen eine Auflösung in consonante Zusammenklänge, welche in harmonischen Verhältnissen stehen. Doch ist die Harmonie, wie schon früher[2]) angedeutet wurde, mehr als eine bloss aufgehobene Dissonanz, indem sie als positives Erforderniss das Zusammentönen verwandter Klänge voraussetzt. Die Harmonie gehört daher dem eigentlichen Gebiet der ästhetischen Gefühle an, während die Dissonanz ein rein sinnliches Gefühl ist, das aber, wie alle sinnlichen Gefühle der höheren Sinne, zum Element ästhetischer Wirkung werden kann[3]).

---

[1]) Helmholtz, Lehre von den Tonempfindungen, 3te Aufl. S. 223.

[2]) Seite 370.

[3]) Ueber die Ursachen des Harmoniegefühls vergl. Cap. XIII und XVII.

sprechen[1]. Unendlich mannigfaltiger sind schon die Gefühle, die sich an die Klangfarbe anschliessen. Aber wie die letztere auf eine Mehrheit von Tönen zurückgeführt werden kann, so scheint es möglich, auch das begleitende Gefühl aus jenen Grundcharakteren der Stimmung abzuleiten, welche der wechselnden Tonhöhe innewohnen. Diejenigen Klangfarben nämlich, bei denen der Grundton rein oder nur mit den nächsthöheren Obertönen verbunden ist, wie z. B. die von den Flötenpfeifen der Orgel hervorgebrachten Klänge, sind dem Ausdruck ernsterer Stimmungen angepasst, wogegen solche Klangfarben, welche auf dem starken Mitklingen hoher Obertöne beruhen, wie die Klänge der meisten Streich- und Blaseinstrumente, mehr den heiter oder leidenschaftlich angeregten Gemüthslagen entsprechen. Wo der durch die Klangfarbe hervorgerufene Gefühlston mit demjenigen in Widerspruch steht, welcher der Tonhöhe der Klänge verbunden ist, da können sich Gefühle von eigenthümlicher Färbung bilden, deren Wesen eben auf dem Contraste ihrer Empfindungsgrundlagen beruht. Sie liegen jenen zwiespältigen Stimmungen zu Grunde, welche die Sprache in ihrem Extrem metaphorisch als Zerrissenheit des Gemüths bezeichnet, während ihre mässigeren Grade die verschiedensten Färbungen melancholischer Stimmung darstellen. Diese Gefühle finden daher zuweilen in den Klangfarben der Streichinstrumente von geringer Tonhöhe ihren adäquaten Ausdruck. Ganz anders gestaltet sich unter denselben Bedingungen der Gefühlscharakter des Klangs, wenn dieser, wie bei den Blechinstrumenten, gleichzeitig eine bedeutende Stärke besitzt. Hier gewinnt der Klang den Charakter energischer Kraft. Wo der Grundton überwiegt, wie beim Horn, da erscheint dann diese Kraft durch Ernst gedämpft, und kann, bei sinkender Klangstärke, selbst bis zur Schwermuth herabgedrückt werden. Zu seinem lautesten Ausdruck kommt jenes Kraftgefühl bei dem von hell schmetternden Obertönen begleiteten Schall der Trompete. Ernst mit gewaltiger Kraft gepaart klingt endlich in den Tonmassen der Posaune und des Fagotts an. Natürlich kann übrigens ein und derselbe Klang durch wechselnde Stärke mehr dem einen oder dem andern Gefühlston angepasst werden. Dabei kommt in Betracht, dass sich mit der Stärke immer auch etwas die Klangfarbe verändert, da bei wachsender Klangstärke die höheren Obertöne stärker mitklingen. Gehoben wird endlich die Wirkung durch die Verhältnisse der zeitlichen Dauer der Klänge. Der langsame Wechsel der letzteren gibt den ernsten und schwermüthigen, der schnelle den freudigen und gehobenen Stimmungen Ausdruck, daher die langsame Klangbewegung die Wirkung der tiefen, die rasche diejenige der hohen Tonlagen verstärkt.

[1] Deutlicher als unser tief und hoch enthalten die griechisch-lateinischen Benennungen βαρύ, grave und ὀξύ, acutum die Hinweisung auf diese Bedeutung der Töne.

einfachen Tons entlockt. Aber der Zauber des Spiels verschwindet sogleich, wenn, wie bei der Flöte, das Instrument von selbst und in unveränderlicher Weise die einfachen Töne hervorbringt. Die Alten scheinen in dieser Beziehung anders gefühlt zu haben als die Neueren: ihnen, denen die Flöte das preiswürdigste Instrument schien, war auch hier das einfach Schöne für sich genug; wir verlangen, dass es sich erst aus dem Conflict widerstrebender Gefühle herausarbeitet; den Neueren gilt daher die Violine als die Königin der Instrumente. Bei ihr treffen alle Bedingungen zusammen, um sie zum Ausdrucksmittel der mannigfachsten Stimmungen zu befähigen: ein bedeutender Umfang der Tonhöhen, die grösste Abstufung der Klangstärke, verbunden mit der Möglichkeit den Ton langsam oder rasch sich erheben und senken zu lassen, endlich die verschiedensten Schattirungen der Klangfärbung je nach Ort und Art des Anstriches. Kein Instrument folgt so unmittelbar wie sie der Gemüthsbewegung des vollendeten Spielers. Nicht den kleinsten Theil an der Schätzung dieses Instrumentes hat aber die Schwierigkeit, ihren Saiten in vollkommener Reinheit den einfachen Ton zu entlocken, bei welchem unser Gefühl befriedigt zu ruhen strebt.

Der Gefühlston der Lichtempfindungen ist theils vom Farbenton theils von der Lichtstärke und Sättigung abhängig. Hiernach bilden die Qualitäten des Gefühls eine Mannigfaltigkeit, welche sich in einer durchaus dem System der Lichtempfindungen entsprechenden Weise nach drei Dimensionen erstreckt. Zunächst entsprechen daher den Polen des Weiss und Schwarz auf der Farbenkugel (Fig. 91 S. 395) entgegengesetzte sinnliche Gefühle, dem Schwarz der Ernst und die Würde, dem Weiss die heiteren, lebensfreudigen Stimmungen. Zwischen beiden schwebt das Grau als Ausdruck einer zweifelhaften Gemüthslage. Das sinnliche Gefühl, das an die reinen Farben sich knüpft, verschaffen wir uns am ehesten in vollkommen einfarbiger Beleuchtung, also z. B. beim Sehen durch farbige Gläser, wo, wie Goethe treffend sagt, man gleichsam mit der Farbe identisch wird, indem sich Auge und Geist unisono stimmen[1]. Die Thatsache, dass die Farben eine in sich zurücklaufende Reihe bilden, spricht auch in dem Gefühlston derselben sich aus, indem die grössten Gegensätze des Gefühls auf den gegenüberliegenden Hälften des Farbenkreises sich finden, das Purpur aber und das ihm complementäre Grün unter den reinen Farben die Uebergänge zwischen beiden Gefühlsseiten vermitteln. Die Farbentöne von Roth bis Grün hat Goethe als die Plus-Seite, diejenigen von Grün bis Violett als die Minus-Seite des Farbenrings bezeichnet, um damit anzudeuten, dass jenen ein erregender, diesen ein herabstimmender Gefühlston innewohne[2]. Da die Unterschiede des Gefühls allgemein mit

---

[1] Goethe's Farbenlehre 763. Werke letzter Hand Bd. 52, S. 311.

[2] Farbenlehre 6te Abth. (Sinnlich-sittliche Wirkung der Farbe.) Werke letzter Hand Bd. 52, S. 309 f.

den Unterschieden der Empfindungen zunehmen, so ist anzunehmen, dass sich auch hier diejenigen Farben am meisten unterscheiden werden, zwischen denen innerhalb des Farbenkreises die grösste Zahl von Abstufungen gelegen ist. Es ist nicht gerade erforderlich, dass dies complementäre Farben seien, da die Eigenschaft zusammen Weiss zu erzeugen sich nur auf das Verhalten bei der Mischung, nicht aber auf die Abstufung der reinen Empfindung bezieht. Würden wir dagegen, wie in Fig. 88 (S. 378) angedeutet, die Farben nach ihrer Abstufung in eben merklichen Unterschieden auf den Farbenkreis auftragen, so würden dann allerdings den an den gegenüberliegenden Enden eines Durchmessers gelegenen Farbentönen auch Maximalwerthe der Gefühlsdifferenz entsprechen müssen. Unter den Hauptfarben bieten offenbar, wie auch Goethe erkannt hat, Gelb und Blau den grössten Unterschied des Gefühls. Das zu Gelb complementäre Violett hat schon etwas von der aufregenden Stimmung des Roth an sich, dem es ja auch als Empfindung so verwandt ist, dass man zweifelhaft sein kann, ob es für eine Hauptfarbe gelten könne. Gelb wird daher von den Malern vorzugsweise als die warme, Blau als die kalte Farbe bezeichnet[1]). Jenes regt an, dieses stimmt herab, ohne die Nebenfärbungen der Stimmung, wie sie den gegen Anfang und Ende des Spektrums gelegenen Farben zukommen. Das Grün hält auch nach seinem Gefühlston die Mitte zwischen Gelb und Blau: es ist die Farbe der ruhig heitern Stimmung, die wir desshalb am ehesten als dauernde Umgebung ertragen. Während so den drei mittleren Hauptfarben des Spektrums Gefühle entsprechen, welche die sinnlichen Grundlagen einfacher Gemüthsstimmungen, der einfachen Anregung und Beruhigung sowie des Gleichgewichts zwischen beiden, bilden, gehören die Endfarben den unruhigen, aufgeregteren Stimmungen an, wobei aber der allgemeine Charakter der Plus- und Minusseite erhalten bleibt. So ist das Roth die Farbe energischer Kraft. Bei grosser Lichtstärke wohnt ihm mehr als irgend einer andern ein aufregendes Gefühl inne, wie denn bekanntlich Thiere und Wilde durch eine blutrothe Farbe gereizt werden. Bei geringerer Lichtstärke dämpft sich sein Gefühlston zu Ernst und Würde herab, ein Charakter, den es noch vollständiger im Purpur annimmt, wo ihm etwas von den Farben der ruhigeren Stimmung, Violett oder Blau, beigemengt ist. Im Violett selbst ist aber gleichfalls nicht mehr die einfache Ruhe des Blau, sondern, wie es in der Empfindung dem Roth verwandt ist, so hat es einen Zug düsteren Ernstes und einer unruhig sehnenden Stimmung, der auch dem Indigblau schon theilweise zukommt.

---

[1]) Um sich von der gegensätzlichen Wirkung beider Farben zu überzeugen, hat schon Goethe die Betrachtung einer Winterlandschaft abwechselnd durch ein gelbes und durch ein blaues Glas empfohlen. Dass übrigens hierbei neben der unmittelbaren Wirkung der Farben zweifelsohne auch Associationen wirksam sind, werden wir unten erörtern.

Die Wirkung der reinen Farben kann nun in entgegengesetzter Weise modificirt werden, je nachdem entweder durch die Beimengung von Weiss ihre Sättigung abnimmt, oder aber in Folge der verminderten Lichtstärke sie sich dem Schwarz nähern. Beiden Veränderungen entsprechen Modificationen des Gefühls, die sich im allgemeinen als eine Combination der Wirkung des reinen Weiss und Schwarz mit derjenigen der betreffenden Farbe betrachten lassen. So wird die aufregende Wirkung des Roth durch verminderte Sättigung im Rosa zu einem Gefühl gemildert, das an den Affect aufgeregter Freude erinnert. In dem weisslichen Violett oder Lila hat sich der melancholische Ernst des dunkeln Violett zu einer sanften Schwermuth ermässigt, und im Himmelblau hat die kalte Ruhe des gesättigten Dunkelblau einer ruhigen Heiterkeit Platz gemacht. Nicht minder wird die erregende Stimmung des Gelb durch den Zusatz von Weiss zu dem ruhigeren Lustgefühl ermässigt, welches der Empfindung des Sonnenlichtes entspricht, und das Grün verliert durch verminderte Sättigung von seinem ausgleichenden Charakter, indem sich etwas von der erregenden Wirkung des Hellen ihm beimengt. Dagegen nehmen alle Farben, die an und für sich einen ernsten Charakter tragen, wie Roth, Violett, Blau, und auch das Grün, insofern es durch seine Zwischenstellung zum Ausdruck einfachen Ernstes befähigt wird, mit verminderter Lichtintensität an Ernst des Ausdrucks immer mehr zu. Nur beim Gelb wirkt die Lichtabnahme vielmehr als ein Gegensatz zu der an und für sich dem weissen Lichte verwandten Stimmung der Farbe. So erhält denn das dunkle Gelb und das ihm gleichende spektrale Orange einen Ton gedämpfter Erregung, der, wenn die Lichtabnahme noch weiter geht, im Braun schliesslich einer völlig neutralen Stimmung weicht. Dies ist offenbar der Grund, wesshalb wir neben dem gesättigten Grün, der einzigen eigentlichen Farbe, der eine ähnlich neutrale Bedeutung zukommt, und dem Grau, das zwischen den entgegengesetzten Stimmungen von Weiss und Schwarz in der Mitte liegt, noch das Braun als Farbe derjenigen Gegenstände wählen, die uns fortwährend umgeben. Aber unter diesen dreien nimmt die Indifferenz der Stimmung zu mit dem Verlust des entschiedenen Farbencharakters. Das Grün, obgleich in der Mitte stehend zwischen dem erregenden Gelb und dem beruhigenden Blau, entbehrt darum doch nicht des Ausdrucks, sondern in ihm wird eben jenes Gleichgewicht des Gefühls zwischen Erregung und Ruhe selber zur Stimmung. Viel gleichgültiger ist schon das Braun, und völlig verloren gegangen ist endlich der Gefühlscharakter der Farbenwelt in dem Grau. Braun und Grau wählen wir daher als Farben unserer Kleidung, unserer Tapeten und Möbel, so recht eigentlich in der Absicht nichts damit auszudrücken.

Wenn mehrere Farben neben einander auf das Auge einwirken, so

bestimmt der wechselseitige Einfluss, den sie auf einander ausüben, mit der Empfindung auch das sinnliche Gefühl[1]). Wird durch den Contrast eine Farbe gehoben, so muss damit der ihr beiwohnende Gefühlston ebenfalls verstärkt werden, und das entgegengesetzte tritt dann ein, wenn die Lichteindrücke durch Induction sich schwächen. Die beiden gegen einander um 180° gedrehten Farbenkreise in Fig. 93 (S. 409) veranschaulichen daher auch diese Seite der Farbenwirkung, indem die gegenseitige Hebung der Farben für die zusammentreffenden Complementärfarbenpaare am grössten ist und mit dem Lageunterschied der einander inducirenden Farben mehr und mehr sich vermindert. Mit Rücksicht auf diese Bedeutung für den Gefühlston hat man die contrastirenden Farben zuweilen auch als consonante oder harmonische Farbenintervalle bezeichnet, indem man jene Hebung durch den Contrast in Analogie brachte mit der Consonanz und Harmonie der Klänge. Alle Versuche, die Verhältnisse der musikalischen Consonanz und Dissonanz auf die Farbenwelt zu übertragen, führten nämlich, obgleich dabei an die Contrastwirkungen nicht gedacht wurde, doch dahin, die Complementärfarben oder ihnen naheliegende Farbenpaare als consonante Farbenintervalle aufzustellen[2]). Aber wie die Vergleichung der Farbenreihe mit der Tonreihe, auf welche sich diese Analogie zurückbezieht, eine künstliche, dem Wesen der Farben und Töne durchaus widersprechende ist[3]), so kann auch von Consonanz und Dissonanz oder von Harmonie und Disharmonie im eigentlichen Sinne des Wortes bei den Lichtempfindungen nicht die Rede sein. Es gibt zwar Farben, bei deren gleichzeitiger Wirkung jede einzelne möglichst vollkommen zur Geltung kommt, die Contrastfarben, und wieder andere, die sich gegenseitig schwächen: solche, die sich im Spektrum sehr nahe stehen, wie Roth und Gelb, Grün und Blau. Aber in allen diesen Fällen wird nur die Wirkung der einzelnen Farbe vermehrt oder vermindert, es kommt kein neues Moment hinzu, wie die theilweise Interferenz der Töne bei der

---

1) Vergl. die Contrasterscheinungen, Cap. IX, S. 406 f.

2) So bezeichnet RUNGE (der Farbenkreis S. 19 f.) Blau und Orange, Gelb und Violett, Roth und Grün als harmonische Farben. Nach UNGER (POGGENDORFF's Annalen Bd. 87, S. 121) bilden Roth, Grün und Violett einen dem Duraccord gleichenden consonanten Dreiklang. Die von DROBISCH (Abhandl. der sächs. Gesellsch. der Wiss. IV. S. 107) ausgeführte Berechnung stimmt allerdings damit nicht überein, da in derselben ungefähr die Quarte, welche eine entschieden weniger vollkommene Consonanz als die Quinte ist, dem Verhältniss der Contrastfarben entspricht (ebend. S. 119). Aber DROBISCH hat auf den ästhetischen Eindruck, auf den die Speculationen von RUNGE und UNGER gegründet sind, gar keine Rücksicht genommen, und seine mathematischen Betrachtungen werden schon dadurch in das Gebiet willkürlicher Fictionen verwiesen, dass er sich, um die Analogie zwischen Ton- und Farbenreihe überhaupt herstellen zu können, genöthigt sieht, die Verhältnisszahlen der Lichtschwingungen auf eine gebrochene Potenz zu erheben.

3) Vergl. Cap. IX, S. 376.

Dissonanz, die unmittelbare Uebereinstimmung einzelner Klangbestandtheile bei der Harmonie. Der einzige Vergleichungspunkt besteht daher darin, dass Zusammenstellungen, bei denen die einzelnen Farben in ihrer Wirkung sich heben, einen ähnlich wohlgefälligen Eindruck hervorbringen können wie consonante oder harmonische Klangverbindungen. Dagegen sind die sinnlichen Motive der ästhetischen Wirkung in beiden Fällen durchaus verschieden. Nur das Ohr verbindet die Eindrücke in eine Gesammtempfindung, deren Bestandtheile es unmittelbar in ihrer wechselseitigen Beziehung auffasst. Das Auge, als der räumlich ordnende Sinn, lässt die gleichzeitig gegebenen Eindrücke neben einander bestehen. Dabei kann zwar jeder Eindruck durch wechselseitigen Einfluss gehoben oder geschwächt werden. Aber nie wird den einzelnen Eindrücken durch ihr Nebeneinanderbestehen eine neue sinnliche Eigenschaft zugefügt, wie eine solche in der Dissonanz der Klänge unbestreitbar gegeben ist.

Die Gefühle, welche sich an die Schall- und Lichtempfindungen knüpfen, bewegen sich zwischen Gegensätzen, wie alle Gefühle. Aber die einander entgegengesetzten Zustände können hier nicht mehr, wie bei den niedrigeren Sinnesempfindungen, einfach als Lust und Unlust bezeichnet werden. Wenn durch tiefe Töne Ernst und Würde, durch hohe Frohsinn und heiteres Spiel ausgedrückt werden, wenn dem Roth und Gelb ein aufregender, dem Blau ein beruhigender Gefühlston innewohnt, so sind dies Gegensätze, die sich den Begriffen Lust und Unlust nicht unterordnen. Allerdings fehlt der Schall- und Lichtempfindung auch dieser Gegensatz nicht, aber er wird einzig und allein durch die Intensität der Empfindung bestimmt. Jeder Ton und jede Farbe, welche Qualität auch mit ihnen verbunden sei, erregen, sobald sie eine gewisse Stärke erreichen, ein Unlustgefühl, und haben bei einer mässigen Intensität und innerhalb bestimmter Grenzen der Dauer des Eindrucks eine einfache Lustempfindung zur Folge. Die letztere ist aber allerdings gerade bei diesen höheren Sinnen meistens sehr undeutlich, weil sie von den andern an die Qualität geknüpften Gefühlen zurückgedrängt wird. Nun haben wir oben gesehen, dass auch bei den übrigen Sinnesempfindungen das Lust- und Unlustgefühl durchaus an die Stärke der Empfindung gebunden ist. Die Tast- und Gemeinempfindungen sind überhaupt von qualitativ einförmiger Beschaffenheit; es ist daher begreiflich, dass bei ihnen auch die nähere qualitative Bestimmtheit der Gefühle gegen die von der Intensität abhängige Lust- oder Unluststimmung zurücktritt. Dazu kommt, dass diese Richtung der Gemeingefühle durch den Einfluss des Selbstbewusstseins auf dieselben begünstigt wird, wie wir unten noch sehen werden. Das nämliche

gilt im wesentlichen vom Geruchs- und Geschmackssinn, welche zwar, entsprechend der grösseren Mannigfaltigkeit ihrer Qualitäten, verschiedenartige Gefühlsfärbungen zulassen, wobei aber diese wegen der subjectiven Beziehung der Empfindungen durchweg den Kategorieen der Lust und Unlust sich unterordnen. Bei den Tönen und Farben erst wird der an die Qualität geknüpfte Gefühlston fast vollkommen selbständig. Nur eine schwache Beziehung bleibt noch darin erhalten, dass der ernste Charakter, wie er den tiefen Klängen und dem Schwarz innewohnt, mehr an ein Unlustgefühl, der erregende, der den hohen Klängen und dem Weiss zukommt, an ein Lustgefühl anklingt. Es scheint, dass eine solche Beziehung für eine ursprünglichere Stufe der Sinnlichkeit noch lebendiger ist als für unser entwickeltes Bewusstsein, da bei Kindern und Wilden das Gefühl für Hell und Dunkel, für hohe und tiefe Töne weit mehr in den unmittelbaren Formen der Lust und Unlust sich äussert. Der Umstand aber, dass die Gefühlsqualitäten dieser höheren Sinne sich fast vollständig von den Gegensätzen der sinnlichen Lust und Unlust befreien, macht sie gerade geeignet zu Elementen der ästhetischen Wirkung zu werden. Denn die letztere kann mit einem entschiedenen Gefühl sinnlicher Unlust sich schlechterdings nicht vertragen, sondern verlangt als elementare Factoren Gefühle, welche sich in den mannigfachsten Abstufungen zwischen Gegensätzen bewegen, die in dem allgemeinen Rahmen einfacher sinnlicher Lust noch eingeschlossen sind oder doch nur ausnahmsweise, um durch gewisse Contraste die Wirkung zu verstärken, aus demselben heraustreten. Es ist nun aber höchst bemerkenswerth, dass auch solche an gewisse Sinnesqualitäten gebundene Gefühlsformen, die den Begriffen der Lust und Unlust nicht einfach unterzuordnen sind, sich immerhin zwischen Gegensätzen bewegen. Dies beweist, dass der Gegensatz mit seiner Vermittlung durch eine Indifferenzlage gleichgültiger Stimmung ein dem Gefühl wesentlich zukommendes Attribut ist. Lust und Unlust sind, wie es scheint, nur die von der Intensität der Empfindung herrührenden Bestimmungen, während an die Qualitäten Gegensätze anderer Art geknüpft sind, welche zwar zuweilen in eine gewisse Analogie mit Lust und Unlust sich bringen lassen, an sich aber doch von diesen letzteren nicht berührt werden.

Genauere Rechenschaft geben kann man natürlich über die Natur dieser Gegensätze nur, wo die Einordnung der Sinnesqualitäten in ein Continuum gelingt, also bei den Schall- und Lichtempfindungen. Bei beiden verhalten sich die Gefühlsgegensätze wesentlich verschieden. In der Tonreihe, die nur eine Dimension besitzt, ist auch nur ein Gegensatz mit einer Vermittlung möglich: der Gegensatz der tiefen und hohen Töne mit ihrem Gefühlscontrast des Ernstes und der Heiterkeit, zwischen ihnen die mittleren Tonhöhen als Vertreter der

einfach gleichmüthigen Stimmung. Wesentlich erweitert wird aber der Gefühlsumfang der Schallempfindungen durch den Klang, in welchem sich eine abgestufte Mannigfaltigkeit einfacher Töne zu einem einzigen Eindruck verbindet. Da der Klang aus Tönen besteht, so muss auch die Gefühlsfärbung, die ihm beiwohnt, in die einfachen Gefühlsformen der Töne aufzulösen sein. Aber das Neue der Klangwirkung liegt darin, dass in ihm nicht bloss die Stimmung, die mit dem Tone verbunden ist, dadurch gehoben werden kann, dass nur die tieferen Obertöne sich zum Grundton hinzugesellen, sondern dass ausserdem neue Gefühle entstehen, indem namentlich bei der Verbindung hoher Obertöne mit tiefen Grundtönen contrastirende Elementargefühle sich zu eigenthümlichen Stimmungen vereinigen können. So entsteht eine Reihe sich durchkreuzender Gegensätze, welche das in Fig. 98 dargestellte Schema anzudeuten sucht. Jedem dieser Ton- und Klanggegensätze entsprechen Contraste des Gefühls, die allmälig durch vermittelnde Zwischenstufen einem Indifferenzpunkt sich nähern,

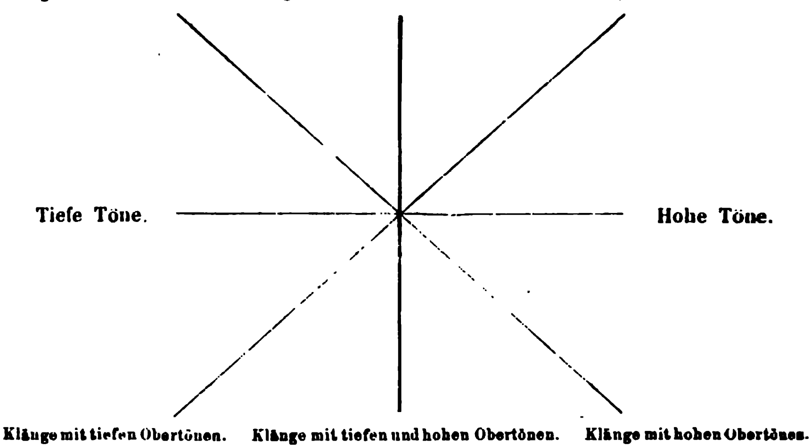


Fig. 98.

durch welchen sie in einander übergehen. Den tiefen Tönen und Klangfarben zur linken Seite entsprechen die ernsten, den hohen zur rechten die heiteren Stimmungen, bei grösserer Klangstärke sind alle Stimmungen mit einem gehobenen, energischen, bei geringerer Klangstärke mit einem gedämpften, sanften Gefühlston verbunden. Da zwischen den hier herausgegriffenen Strahlen alle möglichen Uebergänge sich denken lassen, so kann man sich vorstellen, alle durch die Klangfarbe bestimmten Gefühlstöne seien in einer Ebene angeordnet, deren eine Dimension, dem Continuum der einfachen Töne entsprechend, die Contraste von Ernst und Heiterkeit mit ihren Uebergangsstufen enthalte, während die zweite, welche die Stärke der Theiltöne abmisst, die Gegensätze des Energischen und Sanften vermittelt. Mit diesen vier Ausdrücken möchten in der That die vier Elementargegensätze musikalischer Wirkung, so weit sie in Worten sich angeben lassen, bezeichnet sein.

Die Reihe der einfachen Farben unterscheidet sich von der Tonreihe wesentlich dadurch, dass sie, wie die Farbenempfindungen eine in sich zurückkehrende Linie bilden, so auch zwei Uebergänge des Gefühlstones enthält, obzwar bei den Farben selbst, wie bei den Tönen, nur ein einziger Gegensatz der Stimmung existirt, der einerseits im Gelb, anderseits im Blau am stärksten ausgeprägt zu sein scheint. Dieser Gegensatz ist der der Lebhaftigkeit und der Ruhe. Es ist eigenthümlich, dass wir uns gerade bei den Farben, bei denen doch die Bewegung oder zeitliche Dauer nicht in der Weise wie bei den Tönen für das Gefühl mitbestimmend wird, zu diesen von der Bewegung entliehenen Bezeichnungen gedrängt sehen. Zwischen dem Gelb und dem Blau gibt es aber zwei Uebergänge: der eine durch das Grün, der andere durch die röthlichen Farbentöne, das eigentliche Roth, Purpur und Violett. Beide Uebergänge haben nun eine sehr verschiedene Bedeutung für das Gefühl. In dem Roth und den ihm verwandten Farben ist die Bewegung des Gelb und die Ruhe des Blau zu einem zwischen Bewegung und Ruhe hin- und herwogenden Zustand der Unruhe geworden. Diese Vermittlung durch den Zwiespalt ist am deutlichsten in ben blaurothen Farbentönen, wie im Violett, repräsentirt. Das Grün dagegen drückt ein wirkliches Gleichgewicht aus. Im Vergleich mit dem erstarrenden Blau und dem erregenden Gelb verbreitet es ein befriedigendes Ruhegefühl. Für den Gefühlston hat also der doppelte Uebergang der Farbenreihe seine Bedeutung darin, dass der eine, der durch die Mischfarbe des Purpur, die Gegensätze zu einem dissonirenden Gefühle mischt, der andere, der durch das einfache Grün, sie in ein harmonisches Gleichgewicht setzt. So hat auch diese doppelte Ausgleichung in einer allgemeinen Eigenthümlichkeit des Gefühls ihren Grund, die schon bei der Klangwirkung, wenngleich hier in anderer Weise, zur Geltung kommt: nämlich in der Existenz zwiespältiger oder dissonirender Gefühle. Zwischen je zwei Gegensätzen des Gefühls gibt es einen Indifferenzpunkt der Gleichgültigkeit; gewissen Gemüthszuständen ist es aber eigen, dass in ihnen das Gefühl fortwährend zwischen jenen beiden Gegensätzen hin- und herschwankt. Das ruhige Beharren auf dem Indifferenzpunkt ist ein stabiles, das unruhige Oscilliren zwischen beiden Lagen ein labiles Gleichgewicht des Gemüths. Es gibt vielleicht keine zwei Gefühlsgegensätze, zwischen denen nicht solche Zustände des labilen Gleichgewichts vorkommen. Aber hauptsächlich sind die Zustände dieser Art an solche Empfindungen gebunden, welche die Bedingungen zu einem Contrast des Gefühls unmittelbar in sich tragen. So geben unter den Klängen vorzugsweise jene einer zwiespältigen Stimmung Ausdruck, deren eigenthümliche Klangfarbe auf dem Nebeneinander tiefer Grundtöne und hoher Obertöne beruht. Aehnlich verhält es sich mit den Farbeneindrücken. Während das reine Grün die Farben, zwischen denen es den Uebergang bildet, in sich nicht mehr neben einander enthält, ist das Violett und der angrenzende Theil des Purpur deutlich aus Blau und Roth, also aus Farben von contrastirendem Gefühlston, gemischt. Bringen wir hiernach die einfachen Farben mit den einfachen Tönen in Parallele, so begegnet uns in Bezug auf den ihnen beiwohnenden Gefühlston der nämliche Unterschied, der sich in der reinen Qualität der Empfindungen darstellte. Zwar existirt bei den Farben, wie bei den Tönen, nur ein einziges Gegensatzpaar, aber da zwischen den Gliedern dieses Gegensatzes zwei Uebergänge möglich sind, einer, der den Gegensatz in einem einfachen Zwischengefühl aufhebt, und ein zweiter, der denselben durch ein contrastirendes Gefühl ver-

mittelt, so kann die Reihe der einfachen Gefühle nicht mehr durch eine gerade Linie sondern nur durch eine geschlossene Curve dargestellt werden. Mit Rücksicht auf ihre Bedeutung als Uebergangsstimmungen wird aber hierbei dem Grün angemessener das Violett als das Purpur gegenüberzustellen sein, und es werden dem entsprechend Roth und Indigblau, Gelb und Blau einander gegenüber zu liegen kommen; das Purpur hat dann in dieser Stimmungscurve der Farbentöne nur die Bedeutung eines Roth, das wenig durch Violett modificirt ist. Um die verschiedene Weise des Uebergangs von der Plus- zur Minus-Seite anzudeuten, wählen wir wieder die Darstellung in einer dem Dreieck sich nähernden Figur: die gerade Grundlinie entspricht dem contrastirenden Uebergang durch Violett, der an Stelle der Spitze gelegene Bogen dem ruhigen Uebergang durch Grün (Fig. 99). Denken wir uns die den verminderten Sättigungsgraden der Farben bis zum Weiss entsprechenden Gefühle ähnlich angeordnet, so bilden sie alle zusammen die von der Farbencurve umschlossene Ebene, in welcher der Punkt des Weiss die indifferente Stimmung bezeichnet, wie sie die einfache, weder durch besondere Stärke oder Schwäche des Lichts noch durch einen Farbenton modificirte Lichtempfindung hervorbringt. Rings herum liegen die matteren und darum durch kürzere Uebergänge vermittelten Gefühlstöne der weisslichen Farben.

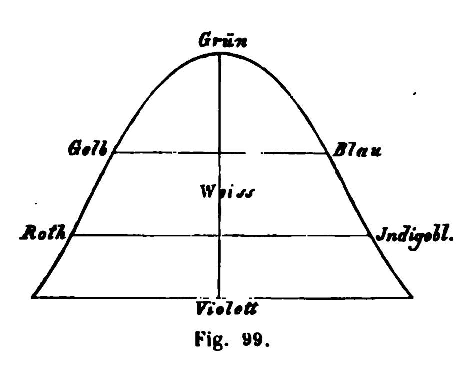


Fig. 99.

Aber zu den Stimmungen, welche die Farben und ihre Sättigungsgrade hervorbringen, kommen dann noch die an die Intensitätsgrade des Lichts sich knüpfenden Gefühle. Zwischen den Gegensätzen des Hellen und Dunkeln, zwischen denen sie sich bewegen, gibt es nur den einen Uebergang durch eine mittlere Helligkeit, welcher der indifferenten Stimmung entspricht. Hier also liegen die gegensätzlichen Gefühle an den Enden einer Geraden. So bietet sich auch für die Gefühlstöne der Farben die Construction in einem körperlichen Gebilde, an dem Hell und Dunkel die beiden Endpole bilden. Ein einfacher Uebergang des Gefühls durch einen einzigen Indifferenzpunkt findet nur für die nicht von Farbentönen begleitete Lichtempfindung statt, welche durch die Axe jenes körperlichen Gebildes dargestellt wird (vergl. Fig. 94 S. 395). Für jede Farbe gibt es also drei Uebergänge der Stimmung zu einer Farbe von entgegengesetztem Gefühlston: der harmonische durch das ruhige Grün, der contrastirende durch das zwiespältige Violett und der indifferente durch das gleichgültige Weiss. Zwischen den Gegensätzen der Helligkeit, dem ernsten Dunkel und dem heiteren Lichte, existirt dagegen nur der eine Uebergang durch das indifferente Weiss von mittlerer Helligkeit. Indem die Lichtstärke der Farben zu- oder abnehmen kann, können sie auch an diesen Gefühlstönen der Helligkeit Theil nehmen. Aber dabei vermindert sich in dem Maasse, als die Lichtstärke steigt oder sinkt, der Umfang des innerhalb der Farbenreihe möglichen Stimmungswechsels, der harmonische und der contrastirende Uebergang rücken immer näher zusammen, bis mit der Erreichung des dunkeln oder hellen Pols der Empfindung das Farbengefühl völlig erlischt. Während demnach in der Ton- und Klangwelt

alle Gefühle sich zwischen geradlinig gegenüberliegenden Gegensätzen bewegen, so dass selbst contrastirende Gefühle nicht als Vermittelungen sondern immer nur am einen Ende eines Gegensatzes zu finden sind[1], bilden bei den Lichtempfindungen nur das Helle und Dunkle ähnlich gegenüberstehende Pole, welche dem Gegensatz der hohen und tiefen Töne auch insofern analog sind, als sie ungefähr ähnliche Stimmungen, das Ernste und Heitere, ausdrücken. Für das Gefühl entsprechen also die Gegensätze der Intensität des gemischten Lichtes dem Gegensatze der Tonhöhen: dagegen werden Stimmungen, die den Klangfarben einigermaassen analog sind, vielmehr durch die einfachen Farben ausgedrückt, wie dies die Namen Klangfarbe und Farbenton im Grunde schon andeuten. Auch darin besteht eine gewisse Analogie, dass man sich die Gefühlstöne der Klangfarben wie die der Farben und ihrer Sättigungsgrade in einer Ebene dargestellt denken kann, in deren Mitte irgendwo ein Indifferenzpunkt gleichgültiger oder neutraler Stimmung liegt, während sich nach der Peripherie hin die grössten Gegensätze des Gefühls befinden. Aber die einfachen Töne bilden hier nicht, wie das Hell und Dunkel, eine neue Dimension, die erst zur Klangfläche hinzutritt, sondern die Hauptaxe der letzteren. Denn der einfache Ton ist jener Klang, der durch die grösste Tiefe begleitender Obertöne sich auszeichnet, ein Grenzfall, der erreicht ist, wenn die Obertöne überhaupt verschwinden. Ferner kommt die Intensität des Klangs für die Gefühlsbedeutung desselben unmittelbar in Betracht. Sie bestimmt die eine Richtung des Gefühls ebenso wie die Beschaffenheit der Theiltöne die andere. Stärke und Schwäche des Klangs, Tiefe und Höhe des Tons bedingen zunächst zwei Hauptpaare des Gegensatzes, die sich zu vier erweitern, wenn man die Hauptunterschiede der Klangfärbung, die Verbindung mit tiefen oder mit hohen Obertönen, in doppelter Lage hinzunimmt (Fig. 98). Denkt man sich die äussersten Punkte dieser Gegensätze durch eine geschlossene Curve vereinigt, so ist von jedem Punkt derselben, ähnlich wie von jedem Punkt der Farbencurve, ein dreifaches Fortschreiten möglich, vor- und rückwärts in der Peripherie der Klangcurve und gegen die gleichgültige Mitte hin. Die Stelle der contrastirenden Gefühle liegt aber bei denjenigen Klängen, die hohe und mässig hohe Obertöne mit geringer Klangstärke verbinden. Dies hat darin seinen Grund, dass sich bei geringer Klangstärke die den entgegengesetzten Enden der Tonreihe zugehörigen Theiltöne des Klangs deutlicher von einander sondern, und dass ausserdem bei starken Klängen gleichsam die Unschlüssigkeit des Contrastes durch die Kraft des Gefühlstones überwunden wird. Uebrigens hat diese Darstellung der Klanggefühle, wie nicht übersehen werden darf, in höherem Grade eine bloss symbolische Bedeutung als die Darstellung der Farbengefühle, weil sich die letztere unmittelbarer an das System der Empfindungen anschliesst. Auch lassen solche Analogieen des Gefühls natürlich nicht die geringsten Schlüsse über die physiologische oder gar die physikalische Natur der Farben und Klänge zu. Doch lag der Aristotelischen, von GOETHE wieder erneuerten Farbenlehre, wonach die Farben aus der Vermischung von Hell und Dunkel in verschiedenen Verhältnissen entstehen sollen, wohl neben anderem auch eine derartige Verwechselung zu Grunde. Für unser Gefühl ist in der

[1] Rechts unten in Fig. 98, bei den Klängen mit hohen Obertönen und von geringer Klangstärke.

That Hell und Dunkel das Einfachere, die Farbe das Zusammengesetztere, denn die Gefühle, welche die letztere wachruft, zeigen mannigfachere Uebergänge zu Gefühlen von entgegengesetzter Beschaffenheit. Aber dies rührt eben von der eigenthümlichen Form des Farbencontinuums her, aus welcher jener dreifache Uebergang der Farbenstimmung unmittelbar sich ergibt. (Vgl. S. 396.)

Der Gefühlston, welcher der einfachen Empfindung vermöge ihrer intensiven und qualitativen Beschaffenheit innewohnt, wird durch das Gesetz der Association beeinflusst. Wahrscheinlich wird der Gefühlston einer Empfindung niemals ausschliesslich durch Association bestimmt. Um so häufiger wirkt dieselbe auf die in der reinen Empfindung gelegene Stimmung verstärkend und unter Umständen wohl auch modificirend ein. Es kann daher ausserordentlich schwer werden zu entscheiden, inwieweit ein Gefühl ursprünglich oder erst abgeleitet, nämlich durch Association hervorgerufen sei. Denn als abgeleitete Stimmungen sind die aus der Association hervorgehenden immer anzusehen. Die Association beruht nämlich auf der Verknüpfung der gegebenen Empfindungen mit ähnlichen, die als Bestandtheile gewisser Vorstellungen geläufig sind. Durch Association z. B. erinnert die grüne Farbe an Waldes- und Wiesengrün oder mahnt Glockengeläute und Orgelton an Kirchgang und Gottesdienst. Durch die Association heftet sich dann aber der reinen Empfindung etwas von dem Gefühlston an, welcher jene zusammengesetzten Vorstellungen begleitet. Wegen dieser Gebundenheit an die Vorstellung sind es auch vorzugsweise die höheren, zu einem reichen Vorstellungsleben entwickelten Sinne, bei denen die Associationen für den Gefühlston bestimmend werden. Es ist nun keinem Zweifel unterworfen, dass in dieser Weise die meisten unserer sinnlichen Gefühle, namentlich diejenigen, welche Elemente ästhetischer Wirkung bilden, ausserordentlich durch Associationen verstärkt werden. Wie Orgel- und Glockenklang an religiöse Feier, so mahnt uns die schmetternde Trompete an Kriegs- und Waffenlärm, der Schall des Hifthorns an Jagdgetümmel und Waldesfrische, die tiefen, langsamen Klänge eines Trauermarsches wecken die Vorstellung eines Leichenzuges. Schwarz ist fast bei allen Völkern die Farbe, in die sich der Leidtragende hüllt, in Purpur kleidet sich die königliche Pracht. Diese Associationen müssen daher an und für sich schon die Stimmungen ernster Trauer, imponirender Würde erwecken, ebenso wie die hochrothe Beleuchtung an Flammenschein, das Gelb an strahlenden Sonnenglanz, das satte Grün an die befriedigte Ruhe der grünen Natur erinnert. Trotzdem ist Association wahrscheinlich nirgends das eigentlich begründende Element des Gefühls, sondern sie kann das letztere nur in der ihm durch die ursprüngliche Natur der Em-

pfindung einmal angewiesenen Richtung verstärken, unter Umständen ihm wohl auch eine speciellere Form und Richtung anweisen. Am deutlichsten erhellt dies in jenen Fällen, wo die Association selbst auf eine ursprüngliche Gefühlsbetonung der Empfindung zurückweist. Schwarz ist eben die Farbe der Trauer, die Orgel dient zum Ausdruck ernster Feier, weil den Empfindungen der entsprechende Charakter innewohnt. Die Sitte, an welche sich unsere Association knüpft, ist hier selbst nur durch das Gefühl gelenkt worden. Für unsere an Ursprünglichkeit des Gefühls etwas verarmte Entwicklungsstufe liegt vielleicht eine wichtige Auffrischung in solchen Associationen, die den Empfindungen nachträglich eine Stärke der Gefühlsbetonung verleihen, welche der Naturmensch in der eigenen Beschaffenheit der Empfindung schon gefunden hatte. In andern Fällen liegt eine innere Beziehung der Association zur ursprünglichen Bedeutung des Gefühls nicht so offen zu Tage, so z. B. wenn die Vorstellung der in ihrem satten Grün ruhenden Natur die ruhige Stimmung des Grün, die Erinnerung an den belebenden Sonnenschein den erregenden Gefühlston des Gelb verstärkt. Will man hier trotzdem, wie es, abgesehen von der unmittelbaren Farbenwirkung, schon die Analogie mit den übrigen Empfindungen fordert, eine ursprüngliche Gefühlsbetonung der Empfindung annehmen, so könnte man in dieser Verstärkung durch Association ein Beispiel merkwürdiger Harmonie zwischen unsern Empfindungen und der äussern Natur erkennen. In der That lässt sich gegen diese Auffassung im Grunde nichts einwenden. Nur wäre es ungerechtfertigt, eine solche Harmonie auf eine prästabilirte Ordnung ohne nähere Ursache zurückzuführen. Dass unser Sehorgan den äussern Lichteindrücken angepasst ist, und dass daher solche Farben, die auf die Dauer unser Auge ermüden, wie das Roth und Violett, nicht allverbreitet in der Natur vorkommen, hat zweifelsohne seine wohlbegründeten Ursachen. Wenn wir das menschliche Sehorgan als Product einer Entwicklung ansehen, bei der das Princip der Anpassung der Organismen an ihre Naturumgebung wirksam gewesen ist, so begreift es sich wohl einigermaassen, dass seine Reizempfänglichkeit theils für solche Wellenlängen, die aus allen möglichen andern gemischt sind, also weisses Licht, theils für solche, die ungefähr in der Mitte der sichtbaren Farben liegen, also namentlich Grün, am grössten geworden ist. Ihre Stellung in der Reihe der Farben haben diese ja eben durch die Reizbarkeit des Auges für die verschiedenen Wellenlängen erhalten. Hiernach ist es überhaupt wahrscheinlich, dass der Gefühlston zu der physiologischen Reizbarkeit der Sinnesorgane in einer gewissen Beziehung steht. Grün und Weiss oder Grau bilden beide, wie wir gesehen haben, Uebergänge. Unter ihnen entspricht das Grün einem Gefühl des harmonischen Gleichgewichts zwischen entgegengesetzten Stimmungen, das Weiss

oder Grau dem Indifferenzpunkt des Gefühls. Aehnlich sind die mittleren Tonhöhen, für welche die Reizbarkeit des Ohrs die günstigste ist, am weitesten von den Gegensätzen der Stimmung entfernt. Aber wenn auch dieser Beziehung zur Reizbarkeit hiernach nicht alle Bedeutung abgesprochen werden kann, so liegt in ihr doch nicht der geringste Anhaltspunkt für die besondere Qualität der Gefühle. Ebendesshalb kann nicht daran gedacht werden, das Gefühl einfach aus den Bedingungen der Reizbarkeit abzuleiten. Zwischen Reizung und Gefühl besteht vielmehr kein anderer Zusammenhang als zwischen Reizung und Empfindung, denn das Gefühl ist unmittelbar mit der Empfindung gegeben.

Neben den Associationen sind als eine weitere, in vieler Beziehung äusserst bedeutsame Verstärkung der Gefühle die Analogieen der Empfindung wirksam. Wir bringen erfahrungsgemäss die Empfindungen disparater Sinne in eine gewisse Analogie. Dieser liegt zwar immer eine Analogie in den Verhältnissen der objectiven Sinnesreize zu Grunde. Aber bei der ursprünglichen Feststellung jener Analogieen der Empfindung ist eine Kenntniss der objectiven Reize nicht im geringsten wirksam, sondern wir vollführen dieselbe unmittelbar und ausschliesslich an der Hand der Empfindungen selber. So scheinen uns tiefe Töne den dunkeln Farben und dem Schwarz, hohe Töne den hellen Farben und dem Weiss angemessen. Der scharfe Klang, z. B. der Trompete, und die Farben der erregenden Reihe, Gelb oder Hellroth, entsprechen sich, ebenso anderseits die dumpfe Klangfarbe dem beruhigenden Blau. In der Unterscheidung kalter und warmer Farben, in den Ausdrücken »scharfer Klang«, »gesättigte Farbe« u. a. führen wir unwillkürlich ähnliche Vergleichungen zwischen den höheren und den niederen Sinnen aus. Alle diese Analogieen der Empfindung beruhen wahrscheinlich nur auf der Verwandtschaft der zu Grunde liegenden Gefühle. Der tiefe Ton als reine Empfindung betrachtet bietet mit der dunkeln Farbe keinerlei Beziehung dar; aber da beiden der gleiche ernste Gefühlston anhaftet, so übertragen wir dies auf die Empfindungen, die uns nun selber verwandt zu sein scheinen. Verstärkt werden diese durch das Gefühl vermittelten Beziehungen auch hier durch Associationen. Mit dem tiefen Orgelklang, der an sich einer feierlichen Stimmung entspricht, verbindet sich die Vorstellung des dunkeln Feiertagsgewandes, u. s. f. Ueberall wo man eine speciellere Verwandtschaft der Stimmung, als sie oben nach ihren allgemeinsten Richtungen angedeutet ist, zwischen Klängen und Farbentönen zu finden meint, dürfte sie wohl auf solchen Associationen beruhen, deren Richtung dann natürlich

auch nach den Verhältnissen der individuellen psychischen Ausbildung einigermaassen wechselt [1]).

Für die sinnliche Grundlage der ästhetischen Wirkung sind die Analogieen der Empfindung von der höchsten Bedeutung. Auf ihnen beruht die Möglichkeit mit Tönen zu malen und in Farben zu sprechen. Vor allem aber bieten sie durch die Vereinigung mehrerer Empfindungen von entsprechendem Gefühlston das wirksamste Mittel zur Verstärkung der Stimmung.

Das sinnliche Gefühl ist ein weit mehr veränderlicher Bestandtheil der Empfindung als Intensität und Qualität. Dies folgt nothwendig aus den Verhältnissen seines Ursprungs, aus der Beziehung der Empfindung zum Bewusstsein, welche in jedem Gefühl sich ausprägt. Hierdurch ist es von dem mannigfachen Wechsel der Zustände des Bewusstseins, sowie von der Entwicklungsstufe des letzteren unmittelbar beeinflusst. Eine Folge dieser Abhängigkeit haben wir schon in den Associationen kennen gelernt, deren Wirksamkeit unmittelbar durch die Erinnerungen des individuellen Bewusstseins bedingt ist. Eine weitere Folge äussert sich in der Rückwirkung, welche die Ausbildung des Selbstbewusstseins auf das Gefühl hat. Wir haben keinen Grund, anzunehmen, dass für den ursprünglichen Zustand des Bewusstseins zwischen den Empfindungen der verschiedenen Sinne irgend ein Unterschied existire, wodurch an und für sich bestimmten Empfindungen ein lebhafterer Gefühlston innewohnte als andern. Nachdem sich aber das Ich nebst dem ihm zugehörigen Körper von der Aussenwelt unterschieden hat, wird nothwendig den Empfindungen der verschiedenen Sinnesgebiete ein sehr verschiedener Werth beigelegt, je nachdem sie auf von aussen einwirkende Reize oder aber auf solche Erregungen bezogen werden, die innerhalb des eigenen Körpers entstehen. Bei den ersteren, den Gesichts- und Gehörsempfindungen, nimmt, so lange sie von mässiger Stärke sind, auch der Gefühlston einen objectiveren Charakter an: die Stimmungen des eigenen Selbst werden in die äusseren Vorstellungen, deren Bestandtheile die Empfindungen bilden, hinüberversetzt, und auf diese Weise werden die Empfindungen zu Elementen der ästhetischen Wirkung. Unter beiden Sinnen ist aber das Gesicht wieder in eminenterem Grade objectiv als das Gehör, bei dem das Bewusstsein ebensowohl die Gefühlstöne auf äussere Vorstellungen beziehen als zum Ausdruck seiner

---

1) Hierher gehören z. B. folgende Analogieen. Der helle Klang der Schalmeie soll an das frische, heitere Gelb einer mit Dotterblumen übersäeten Wiese, der Flötenton an das sanfte Himmelblau lauer Sommernächte erinnern, u. s. w. Vergl. NAHLOWSKY, das Gefühlsleben S. 147.

eigenen inneren Zustände oder auch der Rückwirkung des Innern auf äussere Vorstellungen benutzen kann.

Diesen Empfindungen der objectiven Sinne stehen jene gegenüber, die, weil sie von inneren, in den Organen des Körpers durch physiologische oder pathologische Processe entstehenden Reizen herrühren, stets auf einen subjectiven Zustand hindeuten. Sie sind es, die das sogenannte Gemeingefühl zusammensetzen. Ihrer Qualität nach sind sie weit einförmiger als die Empfindungen der objectiven Sinne, so dass ihr Gefühlston sich nur zwischen den von der Stärke der Empfindungen abhängigen Gegensätzen der Lust und Unlust bewegt. Durch die unmittelbare Beziehung auf das eigene Selbst gewinnen aber diese Gefühle eine besondere Lebendigkeit. So hängt denn unser Wohl- oder Uebelbefinden, die Frische oder Schwerfälligkeit unserer Stimmung wesentlich von solchen subjectiven Empfindungen ab, an denen der Gefühlston von so überwiegender Bedeutung wird, dass wir was an ihnen reine Empfindung ist vollkommen zu übersehen pflegen. Ebendesshalb hat man häufig eine specifische Verschiedenheit zwischen ihnen und den höheren Sinnesempfindungen angenommen, indem man hinwiederum an den letzteren den Gefühlston übersah und auf solche Weise die Gemeinempfindungen als sinnliche Gefühle den reinen Empfindungen gegenüberstellte. Aber jedem Gemeingefühl liegt eine Empfindung zu Grunde, an der, wenn man von der Beziehung auf das Bewusstsein abstrahirt, ebenfalls lediglich Qualität und Intensität zu unterscheiden bleiben. Ausserdem gibt es Empfindungen, welche eine mittlere Stellung einnehmen, die Tast-, die Geruchs- und Geschmacksempfindungen. Bei ihnen ist der Reiz ein äusserer, und sie werden desshalb im allgemeinen auf äussere Vorstellungen bezogen. Aber gleichzeitig bedingt der Reiz eine so unmittelbare Affection des eigenen Körpers, dass der Gefühlston subjectiv bleibt, daher denn Tast-, Geruchs- und Geschmacksempfindungen zur Färbung unseres Gemeingefühls wesentlich beitragen. Von inneren Organen sind es besonders die Muskeln, deren Empfindungen bei der Contraction sowie bei der Ermüdung das Gemeingefühl mitbestimmen. Ihnen gesellen sich sehr schwache und darum meist unserer Aufmerksamkeit entgehende Empfindungen anderer innerer Organe bei. Sie drängen sich erst dann dem Bewusstsein auf, wenn sie zum Schmerze sich steigern oder demselben nahe kommen. Hier geben sich dann in den verschiedenen Färbungen des Schmerzes, dem brennenden, der Schleimhäute, dem stechenden der serösen Membranen, dem bohrenden der Knochen u. s. w., Verschiedenheiten in der Empfindungsqualität der Organe zu erkennen, die aber alle vor dem hohen Unlustwerth des in seinen höchsten Graden immer mehr der Gleichheit sich nähernden Schmerzes zurücktreten. Sobald diese Steigerung der Empfindung zum

Schmerze eintritt, erlischt dann auch bei den höheren Sinnen die Beziehung auf einen äusseren Gegenstand, indem sich die subjective Störung in den Vordergrund drängt. Der Schmerz aller Organe ist daher ein Bestandtheil des Gemeingefühls.

Alle jene Gefühle, welche zum Gemeingefühl vereinigt auf unsern eigenen Zustand bezogen werden, bilden in dem Selbstbewusstsein einen mehr oder minder deutlichen Hintergrund der Stimmung. Von ihnen hängt es hauptsächlich ab, ob Spannkraft, ruhige Sicherheit, oder ob Schlaffheit, unruhige Beweglichkeit in unserm geistigen Sein vorherrschen, und die durchschnittliche Bestimmtheit jener Gefühle bildet einen Hauptfactor für die Disposition der Temperamente. Man hat wegen dieser innigen Beziehung der Gemeingefühle zu unserm subjectiven Sein und Befinden die sinnlichen Gefühle überhaupt als die subjective Seite der Empfindungen aufgefasst und sie so der Intensität und Qualität als den objectiven Bestimmungen derselben gegenübergestellt [1]). Dieser Gegensatz kann aber unmöglich ein ursprünglicher sein, da das Selbstbewusstsein, welches erst jene Unterscheidung vollzieht, aller psychologischen Beobachtung zufolge ein Gewordenes ist. Man müsste also annehmen, das Gefühl sei ebenfalls nichts ursprüngliches sondern mit dem Selbstbewusstsein entstanden. Aber dem widerstreitet einerseits die Thatsache, dass Mensch und Thier in noch unentwickelten Zuständen unverkennbare Gefühlsäusserungen wahrnehmen lassen, und dass mit steigendem Selbstbewusstsein die Lebhaftigkeit solcher Aeusserungen nicht zu- sondern eher abnimmt; anderseits die Beobachtung, dass die Entwicklung des Selbstbewusstseins sogar wesentlich durch sinnliche Gefühle bestimmt und gefördert wird [2]). Wenn aber diese bei der Bildung des ersteren schon eine Rolle spielen, so können sie nicht erst durch dasselbe entstanden sein. Jene Bezeichnung der Gefühle als subjectiver Zustände trifft daher, wenn sie auch für manche Gefühle richtig ist, falls wir das entwickelte Selbstbewusstsein zum Maassstabe nehmen, doch nicht den entscheidenden Punkt in Bezug auf das Gefühl überhaupt, wogegen die Auffassung des letzteren als Beziehung der Empfindung zum Bewusstsein auch unmittelbar die Subjectivität vieler Gefühle in sich schliesst. Denn sobald einmal die Unterscheidung des eigenen Selbst von der Aussenwelt sich vollzogen hat, so muss nun auch bei allen Empfindungen, die in inneren Reizen ihren Grund haben, oder bei denen, wie bei den Tast-, Geruchs- und Geschmacksempfindungen, die Zustandsänderung der Sinnesorgane in den Vordergrund tritt, dem Gefühlston eine subjective Beziehung beigelegt werden. Endlich

---

[1] George, Lehrbuch der Psychologie. Berlin 1854. S. 70.

[2]) Siehe Cap. XVIII.

erklärt unsere Auffassung diese subjectiven und jene objectiveren Gefühle, welche zu Elementen der ästhetischen Wirkung werden, von einem und demselben Princip aus. Die Unterschiede beider ergeben sich mit Nothwendigkeit theils aus den eigenthümlichen Verschiedenheiten der Empfindungen theils aus der Entwicklung des Bewusstseins.

Für die richtige Auffassung des Gefühls ist es offenbar bedeutungsvoll, dass sich dasselbe stets zwischen Gegensätzen bewegt. Für eine grosse Zahl von Gefühlen, nämlich für alle diejenigen, denen später eine vorzugsweise subjective Bedeutung beigelegt wird, sind dies die Contraste der Lust und der Unlust. Bei jenen mehr objectiven Gefühlen aber, welche die einfachsten Bestandtheile ästhetischer Wirkung bilden, sind es andere Gegensätze, die wir im allgemeinen nur durch die complicirteren Stimmungen, denen sie zu Grunde liegen, bezeichnen können, und die nur in eine entfernte Analogie mit den Lust- und Unlustgefühlen zu bringen sind. Die Lust existirt überhaupt nur im Contraste zur Unlust, die Unlust nur im Contraste zur Lust. Eben hiermit hängt die Abhängigkeit der sinnlichen Gefühle von der Zeitdauer der Empfindungen zusammen. Je rascher die Gefühle wechseln, um so mehr müssen sie durch ihren Contrast sich heben. Ein einziges nie veränderliches Gefühl würde aufhören Gefühl zu sein. Demnach ist es eine ursprüngliche Eigenthümlichkeit des Bewusstseins, durch seine Empfindungen und überhaupt durch seine inneren Zustände in einer Weise bestimmt zu werden, die sich zwischen Gegensätzen bewegt. So sehen wir denn mit aller weitern Nachfrage nach dem Ursprung der Gefühle auf diese ursprüngliche Eigenschaft des Bewusstseins uns hingewiesen.

In unserm Bewusstsein ist ein fortwährender Wechsel. Die Vorstellungen, die seinen Inhalt ausmachen, kommen und gehen. Diese Bewegung beruht auf Ursachen, bei denen die in jedem Augenblick durch äussere Reize oder auch durch Reproduction erweckten Empfindungen und Vorstellungen mitwirken. Durch diese werden, wie wir uns ausdrücken, entweder gegenwärtige Empfindungen und Vorstellungen aus dem Bewusstsein verdrängt oder frühere in das Bewusstsein gehoben. Die Beziehung einer Empfindung zum Bewusstsein kann nun allein in der Wirkung bestehen, welche dieselbe auf jene Grundphänomene des Bewusstseins, die Verdrängung und die Hebung der demselben verfügbaren Empfindungen und Vorstellungen, ausübt. Verdrängung und Hebung sind aber entgegengesetzte Zustände. Besteht der Gefühlston einer Empfindung in der verdrängenden oder hebenden Wirkung, welche sie auf das Bewusstsein äussert, so muss sich derselbe nothwendig zwischen Gegensätzen bewegen. Die

Verdrängung wird dem Gefühl der Unlust oder den ihm analogen objectiven Gefühlen, wie der Stimmung des Ernstes, der Würde u. s. w. zu Grunde liegen, die Hebung dem Gefühl der Lust oder den analogen objectiven Gefühlen der Heiterkeit, des Scherzes u. dgl. Dem Gleichgewicht zwischen Verdrängung und Hebung aber wird der Indifferenzpunkt der Gleichgültigkeit entsprechen. In der That zeigt die Beobachtung, dass der Schmerz und jedes Unlustgefühl seine nächste Beziehung zum Bewusstsein darin äussert, dass sich die zu Grunde liegende Empfindung möglichst allein zum Bewusstsein drängt, d. h. andere Empfindungen und Vorstellungen aus demselben verdrängt. Umgekehrt ist ein Lustgefühl durchweg mit mässigen Empfindungen verbunden, welche andern Empfindungen, die sich dem Bewusstsein darbieten, nicht störend im Wege stehen, daher auch leicht solche nach den Gesetzen der Reproduction in das Bewusstsein heben. Doch ist das Motiv zum Unlustgefühl offenbar ein unmittelbareres, daher schon Kant sehr richtig bemerkt, dass jedem Vergnügen der Schmerz vorangehen müsse [1]).

Auf eine ähnliche Begründung führen die objectiven Gefühle zurück. Das Schwarz als der Mangel des Lichts hemmt alle Lichtempfindungen. Die Stimmung, der es entspricht, ist daher dem Unlustgefühle verwandt. In der Empfindung an und für sich liegt für solche Verwandtschaft gar kein Grund; erst die Beziehung zum Bewusstsein als dem Heerd des Vorstellungswechsels stellt die Analogie her. Bei den Klängen liegt hinwiederum die der ernsteren Stimmung zugewandte Wirkung der tiefen Töne wahrscheinlich theils in ihrer für die Auffassung unseres Ohres nothwendigen langsameren Bewegung, theils in der bedeutenden Stärke, zu welcher bei ihnen die Erregung gesteigert werden kann. Es ist begreiflich, dass bei den Gehörsempfindungen, welche in so wichtiger Beziehung zur Zeitauffassung stehen, gerade auch die zeitliche Dauer wesentlich bestimmend für die Gefühlsbetonung wird. Der langsame oder rasche Wechsel der Empfindungen ist aber hier weniger selbst Verdrängung oder Hebung der Vorstellungen als eine Nachbildung dieser innern Bewegung. So kommt es, dass die Tonwelt das hauptsächlichste Mittel wird, nicht sowohl unsere inneren Gefühle durch äussere Anregungen zu erwecken, wie es die Welt der Farben in den bildenden Künsten thut, als vielmehr jene Gefühle in ihrem eigenen inneren Sein zu schildern. Daneben kommt wohl auch der insgemein bedeutenden Stärke der tiefen Klänge eine Bedeutung zu, da wir den tiefen Tönen ihren Charakter des Ernstes und der Würde nur bei hinreichend imponirender Klangstärke beilegen; im entgegengesetzten Fall wird der Klang dumpf und erregt eine mehr zwie-

---

[1]) Kant's Anthropologie. Werke Bd. 7, 2. S. 145.

spältige Stimmung. Die Stärke des Klangs wirkt aber direct verdrängend und begründet so wieder eine unmittelbare Verwandtschaft mit der Unlustempfindung. Bei dissonirenden Zusammenklängen wird endlich die Auffassung der Klänge unmittelbar dadurch gestört, dass in Folge der Schwebungen die Töne sich wechselseitig fortwährend verdrängen. Alle diese Beziehungen der Empfindungen je nach ihrer Intensität und Qualität zur Verdrängung oder Hebung anderer Empfindungen und Vorstellungen sind unmittelbar im Bewusstsein enthalten und machen daher keinerlei Annahme von Zwischenprocessen erforderlich, welche die Entstehung des Gefühls erst erklären sollen. Alles was man sonst in das Gefühl als ursprünglich gelegt hat, wie das Bewusstsein von der Hemmung oder Förderung unseres Befindens, das Maass für die Nützlicheit oder die Gefahr der äusseren Reize, ist secundärer Art und beruht auf nachträglicher Reflexion. Es soll damit nicht geleugnet werden, dass die letztere, indem sie naturgemäss in dem entwickelten Bewusstsein sich vollzieht, namentlich den subjectiven Gefühlen vielleicht einen Theil ihrer Lebhaftigkeit verleiht, insbesondere aber deren Rückwirkung auf die ganze psychische Stimmung bedingt.

Die Lehre vom Gefühl hat stets eines der dunkelsten Capitel der Psychologie gebildet. Obgleich wir uns hier zunächst nur mit dem sinnlichen Gefühl beschäftigen, so hängen doch die Ansichten über das letztere so innig mit dem allgemeinen Begriff des Gefühls zusammen, dass es gerechtfertigt sein wird, an dieser Stelle die wichtigsten Theorieen über die Natur der Gefühle kurz zu besprechen. Wir können im allgemeinen drei Theorieen unterscheiden, zwischen denen aber natürlich mannigfache Vermittelungen und Uebergänge vorkommen.

Nach der ersten Hauptansicht ist das Gefühl eine besondere Bethätigung der Erkenntnisskraft. Diese Ansicht ist vielleicht die ursprünglichste. Der Aristotelische Vergleich der Lust und des Schmerzes mit Bejahung und Verneinung, die Versuche der Stoiker, den Affect auf den Glauben an ein zukünftiges oder gegenwärtiges Glück oder Uebel zurückzuführen, weisen auf sie hin. In der neueren Zeit hat dieselbe einerseits in dem Empirismus Locke's und seiner Nachfolger, anderseits in der Leibniz'schen Philosophie ihre hauptsächlichste Vertretung gefunden. Nach Locke [1]) sind Lust und Schmerz einfache Vorstellungen, welche sich auf die verschiedenen Zustände der Seele beziehen: die letztere ist z. B. freudig gestimmt, wenn sie weiss, dass der Besitz eines Gutes erreicht oder dessen baldige Erreichung gesichert ist, traurig, wenn sie an den Verlust eines Gutes denkt, u. s. w. Die englischen Psychologen, wie James Mill [2]), Herbert Spencer [3]), Alexander Bain [4]), unter denen namentlich der letztere eine von feiner Beobachtungsgabe zeugende Naturgeschichte der Gefühle geliefert hat, vertreten im allgemeinen noch gegenwärtig den Locke-

---

1) Locke, Untersuchungen über den menschlichen Verstand. Buch II, Cap. 20.
2) Analysis of the phenomena of the human mind. 1829.
3) Principles of the psychology. 2. edit. London 1870.
4) The emotions and the will. 2. edit. London 1865.

schen Standpunkt. Leibniz brachte das Gefühl mit seinen Versuchen den Begriff des unendlich Kleinen in die Philosophie einzuführen in Beziehung. Durch unendlich kleine Schmerzempfindungen, sagt er, geniessen wir den Vortheil des Uebels ohne seine Beschwerden: der fortwährende Sieg über dieselben verschafft uns endlich eine volle Lustempfindung: dieser Ursprung aus unendlich kleinen Vorstellungen erklärt es zugleich, dass Lust und Unlust zu den dunkeln Vorstellungen gehören[1]. An diese Gedanken hat offenbar auch Hegel angeknüpft, indem er das Gefühl eine dunkle Erkenntniss nannte[2]. In Wolff's scholastischem Lehrgebäude gieng der originelle Ausdruck, welchen Leibniz der erkenntniss-theoretischen Auffassung des Gefühls gegeben hatte, wieder verloren. Die Lust wurde von Wolff einfach als die intuitive Erkenntniss irgend einer wahren oder eingebildeten Vollkommenheit, die Unlust als das Gegentheil davon definirt[3], und hierauf war denn auch seine Begriffsbestimmung der Affecte gegründet[4]. Diese Vorstellungen blieben in der Wolff'schen Schule maassgebend, bis Kant dem Gefühlsvermögen eine selbständige Stellung anwies, wodurch in den auf ihn gefolgten psychologischen Darstellungen diejenige Auffassung die herrschende wurde, die wir unten als die dritte werden kennen lernen. Nichts desto weniger beeinflusst die erkenntnisstheoretische Ansicht zum Theil auch noch die späteren Darstellungen. So liegt schon, wenn Kant selbst das Vergnügen ein Gefühl der Beförderung, den Schmerz das eines Hindernisses des Lebens nennt[5], der Gedanke an eine dunkle Erkenntniss nahe, da wir eben von der Thatsache, ob das Leben gefördert oder gehemmt werde, nur durch Erkenntniss etwas wissen können, und deutlicher noch ist diese Wendung vollzogen, wenn z. B. Lotze die Kant'sche Definition so modificirt, dass er das Gefühl auf eine unbewusste Beurtheilung der geförderten oder gestörten Harmonie der Lebensfunctionen bezieht[6]. Hiermit verwandt ist die namentlich bei physiologischen Schriftstellern verbreitete Ansicht, nach welcher das Gefühl eine Art des Empfindens oder Vorstellens sein soll, die theils von der Beschaffenheit der Reize theils von der Verbreitungsform der Nerven herrühre, und die sich daher nur gewissen Empfindungen und Vorstellungen anhefte, während andere frei davon bleiben[7]. Diese Ansicht hat sich augenscheinlich

---

1) Leibniz, nouveaux essais. II, 20 § 6. Opera phil. ed. Erdmann, p. 248.
2) Hegel, Encyklopädie, III, Werke Bd. VII, 2. S. 165.
3) Wolff, psychologia empirica §. 511, 518.
4) Ebend. §. 603 sq.
5) Kant, Anthropologie S. 144.
6) Lotze, allgemeine Pathologie S. 187 und Art. »Seele« in Wagner's Handwörterb. III, 1 S. 191. Später hat Lotze diese Rückbeziehung auf einen Actus unbewusster Intelligenz zurückgedrängt und nun einfach das Gefühl selbst als eine Förderung oder Störung durch den Reiz bestimmt, dabei aber ausdrücklich hervorgehoben, dass die Thatsache der Störung oder Förderung nicht im mindesten die Existenz der Gefühle erkläre, sondern dass diese nur auf dem eigensten Wesen der Seele beruhen können. (Med. Psychologie S. 234.) Hiermit ist Lotze vollständig zu der dritten Ansicht übergegangen. Uebrigens macht dieser Psycholog rücksichtlich der sinnlichen Gefühle noch die weitere Annahme, dass sie auf einem besonderen gefühlerzeugenden Nervenprocess beruhen (ebend. S. 247). Die hierfür beigebrachten Erfahrungsgründe (S. 250 f.) erklären sich aber jetzt grossentheils aus den im vorigen Abschnitt (S. 418) besprochenen Erscheinungen der Analgesie.
7) Domrich, die psychischen Zustände. Jena 1849. S. 163. Hagen, psychologische Untersuchungen. Braunschweig 1847 S. 59. Auch die Ansichten von A. Bain über die Gefühle sind diesen am nächsten verwandt.

unter dem Einfluss der in der Physiologie herrschenden Lehre vom Gemeingefühl ausgebildet. Das letztere, also das an die Organempfindungen sich knüpfende sinnliche Gefühl, betrachtete man meistens mit E. H. WEBER als die allgemeinste Form des Empfindens, die durch alle mit Empfindungsnerven versehenen Theile vermittelt werde, während nur gewisse Nerven nebenbei zur Erzeugung specifischer Sinnesempfindungen geschickt seien[1]. Auch die meisten neueren Physiologen haben sich dieser Auffassung des Gemeingefühls angeschlossen, meistens mit mehr oder weniger deutlichen Anklängen an LEIBNIZENS dunkle Perceptionen, indem das Gemeingefühl bald als ein unmittelbares Bewusstsein unseres eigenen Bewegens und Befindens[2], bald als die Summe einer Anzahl kleiner Empfindungen[3], bald endlich als ein Kampf unzähliger sich zum Bewusstsein drängender Empfindungen[4] geschildert wird. Als eine zum Theil der erkenntnisstheoretischen Ansicht zufallende Auffassung muss ich endlich diejenige bezeichnen, die ich selbst früher vertreten habe, nach der das Gefühl überall auf einem unbewussten Schlussverfahren beruhen soll, durch welches die durch Empfindungen oder Vorstellungen hervorgerufene Veränderung unseres inneren Zustandes als eine subjective bestimmt werde[5]. Speciell die sinnlichen Gefühle sind hiernach die subjectiven Complemente der einfachen Empfindungen: was wir an diesen auf äussere Reize beziehen, wird zur objectiven Empfindung, was wir auf eine Veränderung unseres eigenen Zustandes zurückführen, wird zum Gefühl; die ganze Unterscheidung gehört daher erst dem entwickelten Selbstbewusstsein an, für das ursprüngliche Bewusstsein sollen Empfindung und Gefühl untrennbar zusammenfallen. Die Gründe, aus denen mir diese Bindung des Gefühls an das Selbstbewusstsein nicht haltbar scheint, sind oben (S. 455) entwickelt worden; den Ausdruck »unbewusstes Schlussverfahren« kann ich hier, wie bei der Vorstellungsbildung, nur noch als einen Ausdruck der Thatsache gelten lassen, dass das Gefühl in psychologischen Motiven seinen Ursprung hat, eine Thatsache, welche durch die Möglichkeit die Vorgänge in eine logische Form aufzulösen am unmittelbarsten erhellt, wobei jedoch niemals diese logische Form als wirklich identisch mit dem psychologischen Vorgang gesetzt werden darf[6]. Gegen die erkenntnisstheoretische Ansicht überhaupt ist der entscheidende Einwand der, dass sie zuerst die objective Ursache der Gefühle aufsucht, um dieselbe dann in das ursprüngliche Wesen des Gefühls hineinzulegen. Wenn WOLFF z. B. die Lust eine intuitive Erkenntniss der Vollkommenheit nennt, so hat er zuerst das objectiv Angenehme als das Vollkommene bestimmt, was nebenbei bemerkt die weitere Verwechs-

---

[1] E. H. WEBER, Tastsinn und Gemeingefühl, Handwörterb. d. Physiol. III, 2. S. 562. J. MÜLLER, der alle Gemeingefühle mit dem Gefühlssinn der Haut vereinigte, vertritt somit im wesentlichen dieselbe Anschauung. (Handbuch der Physiologie II. Coblenz 1840. S. 275.)

[2] GEORGE, die fünf Sinne. Berlin 1846, S. 44 f. und Lehrbuch der Psychologie. Berlin 1854, S. 231. Verwandt ist TRENDELENBURG's Lehre vom unmittelbaren Bewusstsein der Muskelbewegungen (Logische Untersuchungen 2te Aufl. I, S. 235 f.).

[3] LOTZE, medicinische Psychologie S. 281.

[4] WAITZ, Grundlegung der Psychologie. Hamburg und Gotha 1846. S. 64, und Lehrbuch der Psychologie. Braunschweig 1849. §. 9 und 10.

[5] Vorlesungen über die Menschen- und Thierseele. Bd. 2.

[6] Vergl. Cap. XVIII und oben Cap. IX, S. 424.

lung eines sinnlichen und ethischen Begriffs in sich schliesst, worauf dann das Gefühl in irgend einer, wenn auch dunkeln, Erkenntniss dieses Begriffs bestehen soll. Dabei ist aber offenbar der wirkliche Vorgang umgekehrt: das Gefühl ist sicherlich etwas viel ursprünglicheres als der Begriff des Angenehmen oder Unangenehmen; es ist wahrscheinlich, dass das Gefühl der erste Wegweiser zur Erfassung dieses Begriffes ist, aber nimmermehr, dass das Gefühl aus dem Begriff hervorgeht. In jenen Modificationen der erkenntnisstheoretischen Ansicht, welche von einer Förderung und Hemmung der Lebensfunctionen u. dgl. reden [1]), ist diese Umkehr mehr verdeckt, aber sie ist trotzdem vorhanden. Die äussern Reize, aus denen die sinnlichen Gefühle hervorgehen, mögen im einen Fall fördernd, im andern hemmend in die Functionen eingreifen; aber das Gefühl selbst besteht nicht in dieser Förderung oder Hemmung. Auch diese Definition hat daher nur einen Sinn, wenn man in das Gefühl selbst eine intuitive Erkenntniss der Förderung oder Hemmung verlegt, und das ist wieder dieselbe Verwechslung, als wenn man das Gefühl mit dem Begriff des objectiv Angenehmen oder Unangenehmen, Vollkommenen oder Unvollkommenen identisch setzt.

Nach der zweiten Hauptansicht ist das Gefühl weder Empfindung noch Vorstellung noch eine aus Empfindungen und Vorstellungen geschöpfte Erkenntniss, sondern es beruht stets auf einer Wechselwirkung der Vorstellungen. Bezeichnet man mit Herbart die Empfindungen als elementare Vorstellungen, so entspringen demnach die Gefühle nicht aus den Vorstellungen selbst sondern aus dem Verhältniss der Vorstellungen zu einander. Auch die Keime zu dieser Ansicht sind wohl uralt, indem gewisse ästhetische Gefühle, wie z. B. diejenigen, welche an die Tonintervalle geknüpft sind, längst auf ein Verhältniss der Einzelvorstellungen zu einander zurückgeführt wurden [2]). Auf alle Formen des Gefühls hat aber erst Herbart [3]) diese Theorie ausgedehnt. Er unterscheidet Gefühle, die an die Beschaffenheit des Gefühlten geknüpft sind, von solchen, die von der Gemüthslage abhängen. Zu den ersteren rechnet er die ästhetischen und die sinnlichen Gefühle, welche beide darauf beruhen sollen, dass sie sich aus Partialvorstellungen zusammensetzen, die aber nur bei den ästhetischen Gefühlen sich deutlich im Bewusstsein von einander sondern lassen, während sie bei den sinnlichen Gefühlen ungesondert verbleiben. Aus der Gemüthslage dagegen entspringen die Affecte [4]). Indem Herbart einerseits den Einfluss, welchen die Bewegung der Vorstellungen im Bewusstsein auf die Gemüthsstimmung ausübt, und anderseits die Bedeutung, die bei der ästhetischen Wirkung gewissen Verhältnissen der Vorstellungen zu einander zukommt, hervorhob, hat er auf eine Seite der Gefühlsbedingungen hingewiesen, welche in den bisherigen Theorieen nicht gehörig beachtet war. Aber seine eigene Theorie musste nicht minder einseitig werden, da er dieses Moment zum einzigen Angelpunkt der Gefühle machte. Dies gab sich auf doppelte Weise zu erkennen: erstens in der ungenügenden Erklärung zahlreicher Gefühlszustände. Von den Affecten behauptet Herbart, sie seien bloss von der gegenseitigen

---

[1]) Hagen, Wagner's Handwörterbuch der Physiologie II, S. 746. Ulrici, Leib und Seele. Leipzig 1866. S. 448.

[2]) Aristoteles de anima III, 2,

[3]) Lehrbuch zur Psychologie und Psychologie als Wissenschaft. Herbart's Werke, Bd. 5 und 6.

[4]) A. a. O. VI S. 110. Vgl. ausserdem V S. 369, 378, 394, 438.

Förderung oder Hemmung der Vorstellungen abhängig, nicht vom In
Vorgestellten. Eine unbefangene Beobachtung wird aber niemals zugeb
Freude und Trauer, Hoffnung und Furcht bloss formale Gefühle seien,
nen der qualitative Inhalt unserer Vorstellungen nicht in Betracht kom
den sinnlichen Gefühlen vollends hat HERBART die Entstehung aus ein
hältniss von Partialvorstellungen willkürlich angenommen und sich mit
hauptung, dieses Verhältniss entziehe sich dem Bewusstsein, auf bequ
der näheren Nachweisung entzogen. In letzterer Beziehung sind dah
nicht alle Jünger HERBART's dem Meister treu geblieben, sondern einige
logen seiner Schule haben das sinnliche Gefühl als »Ton der Empfindun
mit der Empfindung verschmolzen und von den eigentlichen Gefühlen ge
Verwandt mit der Ansicht HERBART's ist die BENEKE's, nach welcher da
in dem unmittelbaren Sich-gegen-einander-messen der Seelenthätigkeiten
soll. Auch hier wird das Gefühl von dem Inhalte der Empfindungen u
stellungen unterschieden und auf das Verhältniss derselben zu einander be
Beiden Theorieen liegt die richtige Einsicht zu Grunde, dass die einze
pfindung und Vorstellung, insofern sie durch ihren Inhalt eine bestim
kenntniss vermittelt, kein Motiv für ein Gefühl mit sich bringt, sie suc
her dieses auf das äussere Verhältniss der Vorstellungen zu einander
zuführen. Aber warum dieses Verhältniss als Lust und Unlust oder
verschiedenen Gegensätzen der ästhetischen Gefühle von uns aufgefasst
müsse, dies wird nicht im geringsten klar. In der eigenthümlichen For
Gegensätze liegt vielmehr die bestimmte Hindeutung, dass zu dem ob
Factor der Vorstellungen und ihrer Wechselwirkung ein zweiter, subje
Factor hinzutreten müsse, mit andern Worten, dass nicht das Verhält
Vorstellungen unter sich, sondern ihre Beziehung zu dem gemeinsamen Sc
aller Empfindungen und Vorstellungen, zum Bewusstsein, erst das Ge
gründet. Hier hängt die Schwäche der HERBART'schen Theorie unmitte
seiner mangelhaften Auffassung des Bewusstseins zusammen, auf die wi
(in Cap. XVIII) zurückkommen werden.

Von der Einsicht in die Wichtigkeit jenes subjectiven Factors für
fühl wird nun die dritte Hauptansicht wesentlich getragen. Si
dies so aus, dass sie das Gefühl als den Zustand bezeichnet, in welc
Seele durch ihre Empfindungen und Vorstellungen versetzt werde. Da
ist ihr daher die subjective Ergänzung der objectiven Empfindungen u
stellungen. Sobald in dem Gefühl nicht bloss ein Zustand der Seele
zugleich die Auffassung dieses Zustandes als eines subjectiven gesehen
liegt darin ausserdem eine Verbindung mit der ersten Hauptansicht,
solche Auffassung immer eine, wenn auch dunkle, Erkenntniss vorausse
Gefühl ist dann nur im entwickelten Selbstbewusstsein möglich. A
Grundlagen zu dieser Theorie finden sich schon bei PLATO und ARIST
aber in der älteren Psychologie vermengt sie sich fortwährend mit der
nisstheoretischen Ansicht. KANT, der in seiner Kritik die objectiven u
jectiven Elemente des Erkennens schärfer als früher zu sondern versuc
denn auch die rein subjective Bedeutung des Gefühls entschiedener bet

[1]) W. F. VOLKMANN, Grundriss der Psychologie. Halle 1856. S. 55. NA
das Gefühlsleben S. 27.

[2]) BENEKE, psychologische Skizzen I. Göttingen 1825. S. 31. Lehrbuch der
logie. 3te Aufl. Berlin 1861. S. 170.

Auffassung ist bei den nicht zur HERBART'schen Schule gehörigen Psycho-
ı, darunter auch bei einzelnen, die ihr sonst nahe stehen, zur herrschen-
geworden. Aber diese Theorie greift auf die metaphysische Substanz der
· bei einem Punkt der Untersuchung zurück, wo hierzu weder der Anlass
ten noch auch wegen der sonstigen Vorbedingungen für die Bestimmung
Begriffs schon Raum ist. Will man sich nun auf das beschränken was
rungsmässig dem subjectiven Bestimmtsein durch die objectiven Empfindun-
und Vorstellungen zu Grunde liegt, so bleibt wieder nur das Selbst-
ısstsein. Darnach würde das Gefühl als diejenige Seite der Vorstellung zu
ıren sein, welche das Selbstbewusstsein auf den eigenen Zustand des vor-
nden Subjects bezieht. Da in solcher Beziehung ein Erkenntnissact liegt,
·ird nach dieser Anschauung das Gefühl zugleich Product einer dunkeln
unbewussten Erkenntniss[1]. Aber dem widerstreitet, wie schon oben
·rkt, dass das Gefühl zu den ursprünglichsten innern Erfahrungen gehört,
end das Selbstbewusstsein verhältnissmässig spät sich entwickelt, und wohl
Recht hat neuerdings A. HORWICZ hervorgehoben, dass im Gegentheil das
hl auf die Ausbildung des Bewusstseins höchst wahrscheinlich von bestim-
:em Einflusse ist[2]. Doch die Thatsache bleibt bestehen, dass, nachdem
das Selbstbewusstsein entwickelt hat, den Gefühlen jene subjective Be-
ng innewohnt. So sehen wir uns denn auf die **Grundlage** des Selbst-
ısstseins, das heisst auf das ursprüngliche Allgemeinbewusstsein hingewiesen,
welchem, indem die Empfindungen und Vorstellungen zu ihm in Beziehung
ı, das Gefühl entspringt. Dies führt unmittelbar zu derjenigen Auffassung
die Natur der Gefühle, welche in der obigen Darstellung entwickelt wor-
ist.

[1] Die hier angedeutete Modification der dritten Hauptansicht ist es, die ich in
en »Vorlesungen über die Menschen- und Thierseele« der Erörterung der Gefühle
runde gelegt habe. Vgl. oben S. 460.

[2] A. HORWICZ, psychologische Analysen auf physiologischer Grundlage. Halle 1872.
:4 f.

Förderung oder Hemmung der Vorstellungen abhängig, nicht vom Inhalt des Vorgestellten. Eine unbefangene Beobachtung wird aber niemals zugeben, dass Freude und Trauer, Hoffnung und Furcht bloss formale Gefühle seien, bei denen der qualitative Inhalt unserer Vorstellungen nicht in Betracht komme. Bei den sinnlichen Gefühlen vollends hat HERBART die Entstehung aus einem Verhältniss von Partialvorstellungen willkürlich angenommen und sich mit der Behauptung, dieses Verhältniss entziehe sich dem Bewusstsein, auf bequeme Art der näheren Nachweisung entzogen. In letzterer Beziehung sind daher auch nicht alle Jünger HERBART's dem Meister treu geblieben, sondern einige Psychologen seiner Schule haben das sinnliche Gefühl als »Ton der Empfindung« völlig mit der Empfindung verschmolzen und von den eigentlichen Gefühlen getrennt[1]). Verwandt mit der Ansicht HERBART's ist die BENEKE's, nach welcher das Gefühl in dem unmittelbaren Sich-gegen-einander-messen der Seelenthätigkeiten bestehen soll. Auch hier wird das Gefühl von dem Inhalte der Empfindungen und Vorstellungen unterschieden und auf das Verhältniss derselben zu einander bezogen[2]). Beiden Theorieen liegt die richtige Einsicht zu Grunde, dass die einzelne Empfindung und Vorstellung, insofern sie durch ihren Inhalt eine bestimmte Erkenntniss vermittelt, kein Motiv für ein Gefühl mit sich bringt, sie suchen daher dieses auf das äussere Verhältniss der Vorstellungen zu einander zurückzuführen. Aber warum dieses Verhältniss als Lust und Unlust oder in den verschiedenen Gegensätzen der ästhetischen Gefühle von uns aufgefasst werden müsse, dies wird nicht im geringsten klar. In der eigenthümlichen Form dieser Gegensätze liegt vielmehr die bestimmte Hindeutung, dass zu dem objectiven Factor der Vorstellungen und ihrer Wechselwirkung ein zweiter, subjectiver Factor hinzutreten müsse, mit andern Worten, dass nicht das Verhältniss der Vorstellungen unter sich, sondern ihre Beziehung zu dem gemeinsamen Schauplatz aller Empfindungen und Vorstellungen, zum Bewusstsein, erst das Gefühl begründet. Hier hängt die Schwäche der HERBART'schen Theorie unmittelbar mit seiner mangelhaften Auffassung des Bewusstseins zusammen, auf die wir später (in Cap. XVIII) zurückkommen werden.

Von der Einsicht in die Wichtigkeit jenes subjectiven Factors für das Gefühl wird nun die dritte Hauptansicht wesentlich getragen. Sie drückt dies so aus, dass sie das Gefühl als den Zustand bezeichnet, in welchen die Seele durch ihre Empfindungen und Vorstellungen versetzt werde. Das Gefühl ist ihr daher die subjective Ergänzung der objectiven Empfindungen und Vorstellungen. Sobald in dem Gefühl nicht bloss ein Zustand der Seele sondern zugleich die Auffassung dieses Zustandes als eines subjectiven gesehen wird, so liegt darin ausserdem eine Verbindung mit der ersten Hauptansicht, da eine solche Auffassung immer eine, wenn auch dunkle, Erkenntniss voraussetzt; das Gefühl ist dann nur im entwickelten Selbstbewusstsein möglich. Auch die Grundlagen zu dieser Theorie finden sich schon bei PLATO und ARISTOTELES; aber in der älteren Psychologie vermengt sie sich fortwährend mit der erkenntnisstheoretischen Ansicht. KANT, der in seiner Kritik die objectiven und subjectiven Elemente des Erkennens schärfer als früher zu sondern versuchte, hat denn auch die rein subjective Bedeutung des Gefühls entschiedener betont, und

---

1) W. F. VOLKMANN, Grundriss der Psychologie. Halle 1856. S. 55. NAHLOWSKY, das Gefühlsleben S. 27.

2) BENEKE, psychologische Skizzen I. Göttingen 1825. S. 31. Lehrbuch der Psychologie. 3te Aufl. Berlin 1861. S. 170.

objectiven Sinneswahrnehmungen, aus denen sich unsere sinnliche Weltanschauung zusammensetzt. Auf der andern Seite vermitteln jene Organempfindungen, welche sich an der Bildung des Gemeingefühls betheiligen, Vorstellungen von unserm subjectiven Befinden. Doch bleiben die letzteren im allgemeinen auf einer unentwickelteren Stufe, auf der sie sich von den Empfindungen, die ihnen zu Grunde liegen, wenig unterscheiden. Die Einbildungsvorstellungen stammen durchweg von centraler Reizung her. Zu ihnen gehören die Hallucinationen, die Phantasmen des Traumes und die gewöhnlichen Erinnerungsbilder. Diese ganze Classification der Vorstellungen beruht aber auf Kennzeichen, die erst dem entwickelten Selbstbewusstsein angehören. Ob eine Vorstellung Wahrnehmung oder Einbildung sei, wissen wir ursprünglich ebenso wenig, als wir ohne Reflexion und Erfahrung die Empfindung auf ihre Ursachen zurückführen. Noch das Kind und der wilde Naturmensch vermengen nicht selten ihre Träume mit ihren wachen Erlebnissen. Auch darüber, ob der Gegenstand der Vorstellung ausser uns sei oder zu uns gehöre, sagt die ursprüngliche Wahrnehmung nichts aus, da diese Unterscheidung selber schon mannigfache Vorstellungen voraussetzt.

Die Vorstellung ist im Vergleich mit der Empfindung ein Zusammengesetztes. Sie enthält Empfindungen als ihre Bestandtheile. Man hat daher die Empfindung eine einfache Vorstellung genannt[1]). Doch führt dies von dem eigentlichen Begriff der Vorstellung sowie der Empfindung ab, und scheint es uns daher nicht zweckmässig, in solcher Weise die von der Sprache mit gutem Grund gezogenen Grenzen zu verwischen. Da nun die Beziehung der Vorstellung auf einen Gegenstand erst ein secundärer Act ist, so kann das ursprüngliche Wesen derselben nur in der Verbindung einer Mehrheit von Empfindungen bestehen. Diese Verbindung setzt stets eine besondere Thätigkeit voraus, welche eben das Vorstellen zu einem von dem Empfinden verschiedenen Vorgange macht. Die Empfindung ist der ursprünglichste Inhalt des Bewusstseins, dem keine andern psychischen Acte vorausgehen. Die Vorstellung dagegen entspringt aus einfacheren Vorgängen, nämlich aus den Empfindungen, die sich nach bestimmten psychologischen Gesetzen zu Vorstellungen vereinigen.

Diese Vereinigung kann nun in einer doppelten Weise vor sich gehen: erstens in der Form einer zeitlichen Aneinanderreihung, und zweitens als eine räumliche Ordnung. Beide Verbindungen beruhen auf eigenthümlichen Anwendungen des allgemeinen Gesetzes der Beziehung. Wo sich die Empfindungen in der zeitlichen Form verbinden, ergeben sich die Succession

[1]) So namentlich WOLFF (Psychologia empir. Sect. II. cap. I.), im Anschluss an den von LEIBNITZ eingeführten Begriff des vorstellenden Wesens der Seele, und in neuerer Zeit HERBART mit seiner Schule. Vgl. z. B. VOLKMANN, Grundriss der Psychologie. Halle 1856. S. 54.

Dritter Abschnitt.

Von den Vorstellungen.

Elftes Capitel.

Begriff und Arten der Vorstellung.

Unter einer Vorstellung verstehen wir der geläufigen Wortbedeutung nach das in unserm Bewusstsein erzeugte Bild eines Gegenstandes. Die Welt, so weit wir sie kennen, besteht nur aus unsern Vorstellungen. Diese werden von dem natürlichen Bewusstsein ohne weiteres mit den Gegenständen, die sie bedeuten, identisch gesetzt. Erst die wissenschaftliche Reflexion erhebt die Frage, wie das in der Vorstellung gelieferte Bild und sein Gegenstand sich zu einander verhalten.

Der Gegenstand einer Vorstellung kann ein wirklicher oder ein bloss gedachter sein. Vorstellungen, welche sich auf einen wirklichen Gegenstand beziehen, mag dieser nun ausser uns existiren oder zu unserm eigenen Wesen gehören, nennen wir Wahrnehmungen oder Anschauungen. Bei dem Ausdruck Wahrnehmung haben wir die Auffassung des Gegenstandes nach seiner wirklichen Beschaffenheit im Auge, bei der Anschauung denken wir vorzugsweise an die dabei vorhandene Thätigkeit unseres Bewusstseins. Dort legen wir auf die objective, hier auf die subjective Seite des Vorstellens das Hauptgewicht. Ist der Gegenstand der Vorstellung kein wirklicher sondern ein bloss gedachter, so nennen wir diese eine Einbildungs- oder Phantasievorstellung.

Alle unsere Vorstellungen zerfallen in Anschauungs- und Einbildungsvorstellungen. Die Anschauungsvorstellungen oder Wahrnehmungen haben stets ihren Grund in der Erregung unserer Sinnesorgane durch peripherische Reize. Unter den letzteren gehen die meisten von ausser uns befindlichen Gegenständen aus. Durch sie entstehen die

zwei höheren Sinnen nach verschiedener Richtung aus. Wir werden daher auch hier zu der Ansicht hingeführt, welche die genetische Betrachtung des Thierreichs bestätigt, dass sich jene höheren Sinne, die schon vermöge der einseitigen Entwicklung ihrer Vorstellungen den Namen von Specialsinnen verdienen, aus dem allgemeinen Tastsinn entwickelt haben[1]. Die zeitliche und die räumliche Form der Anschauung sind in der Vorstellung der Bewegung untrennbar vereinigt. Nun haben wir schon bemerkt, dass die Bewegungsempfindungen centralen Ursprungs sind, indem sie unmittelbar die motorische Innervation begleiten[2]. Demnach ist denn auch die erste Grundlage der Zeit- und Raumanschauungen in der unmittelbaren Wirkung des Willens auf die Bewegungsorgane gegeben. Zu ihrer Ergänzung bedarf dieselbe jedoch einer Sinnesfläche, die peripherischen Reizen zugänglich ist, und als solche bietet sich zunächst das über die ganze Körperoberfläche ausgebreitete Tastorgan dar.

Nicht nur Empfindungen eines und desselben Sinnes, sondern auch disparate, d. h. verschiedenen Sinnen zugehörige Empfindungen können zu Vorstellungen vereinigt werden. Solche nennen wir dann complexe Vorstellungen. Dabei zählen wir aber die Bewegungsempfindungen nicht als einen besonderen Sinn mit, sondern wir beschränken den Ausdruck auf jene Fälle, wo sich mehrere Vorstellungen von einander unabhängiger Sinne verbinden. So gibt uns der Gesichtssinn die Vorstellung eines ausgedehnten Körpers, der Tastsinn die Vorstellung seines Widerstandes oder seiner Schwere; so der Gesichtssinn die Vorstellung der schwingenden Saite, der Gehörssinn die Vorstellung des Klanges, der von ihr ausgeht, u. s. w. Man sieht sogleich, dass die Bestandtheile einer solchen complexen Vorstellung sehr viel loser mit einander vereinigt sind als die Theile einer einfachen Sinnesvorstellung. Die complexe Vorstellung kann sich darum auch leicht wieder in die einfacheren auflösen, aus denen sie zusammengesetzt ist. Ausserdem haben häufig ihre Bestandtheile einen sehr verschiedenen Werth, indem an eine herrschende Sinnesvorstellung einige Vorstellungen anderer Sinne in inconstanterer Weise sich anschliessen. So kann mit der durch den Gesichtssinn vermittelten Vorstellung eines Körpers bald die seiner Schwere, bald die seines Geschmacks oder Geruchs sich verbinden: diese begleitenden Vorstellungen können dann aber zeitweise wieder verschwinden und der Gesichtsvorstellung allein Raum lassen. In dieser Weise gestalten sich namentlich unsere Gesichtsvorstellungen zu herrschenden Bestandtheilen solcher Verbindungen. Wir denken fast allein in Gesichtsbildern und fügen den letzteren andere sinnliche Eigenschaften

[1]) Vergl. S. 341, 352.
[2]) S. 316.

und die Gleichzeitigkeit als die wesentlichen Unterschiede des Vorstellens. Alle unsere Vorstellungen nehmen eine Stelle in der Zeit ein; aber für eine Classe derselben gewinnt die Zeitform eine ganz überwiegende Bedeutung, für die Gehörsvorstellungen. Die Disposition hierzu liegt schon in der Natur der Schallempfindungen[1]. Das Gehör erhält daher vorzugsweise die Bedeutung eines zeiterweckenden Sinnes. Wegen dieser Richtung auf die Zeitanschauung tritt hier das Verhältniss der Vorstellung zu ihrem Gegenstand, welches stets eine räumliche Ordnung der Empfindungen voraussetzt, mehr in den Hintergrund, obgleich es keineswegs fehlt, indem wir auch den Schalleindruck im allgemeinen auf einen Ort beziehen, von welchem er ausgeht. Aber da wir auf diese Beziehung nicht immer Werth legen, so kann sie auf kürzere oder längere Zeit unserem Bewusstsein ganz verloren gehen. Dies geschieht namentlich dort, wo die Klangvorstellungen zu einem Vehikel ästhetischer Wirkungen werden, und wo sie allein den zeitlichen Verlauf unserer inneren Zustände schildern, ohne jede Rücksicht auf ein Object, dessen Bild die Vorstellung wäre.

Auch in eine räumliche Ordnung bringen wir bis zu einem gewissen Grad alle unsere Vorstellungen. Aber wie für das Gehör, so bleibt dieselbe für Geruch, Geschmack und Gemeingefühl wenig entwickelt. Bei diesen Sinnen besteht nämlich die einzige räumliche Beziehung in einer unvollkommenen Localisation der Empfindungen, die überall erst in Anlehnung an die ausgebildeteren räumlichen Sinne geschieht. Hier sind es dann die Gesichtsvorstellungen, welchen eine eminente Bedeutung für die Auffassung zukommt.

Während so Auge und Ohr in die zwei Formen sich theilen, in denen unser Bewusstsein die Welt und ihren Lauf anschaut, treten uns in den Tast- und Bewegungsvorstellungen beide Arten der Anschauung in vollständiger Vereinigung entgegen. Wegen ihrer gleichförmigen Empfindungsgrundlage sind diese Vorstellungen wenig mannigfaltig. Von einander sondern lassen sie sich nicht. Denn die mit Tastsinn begabten Theile werden nur durch ihre Beweglichkeit zur Auffassung der Eindrücke geeignet, und die Bewegung der Glieder führt nur unter Mithülfe der Tastempfindlichkeit der Haut zur Wahrnehmung der Bewegung. In den Tast- und Bewegungsvorstellungen sind nun Zeit- und Raumanschauung verbunden. Jede Bewegung wird aufgefasst als eine zeitliche Succession, und zugleich entsteht damit das Bild der zurückgelegten Raumstrecke. So bilden die Tast- und Bewegungsvorstellungen die Grundlage zu allen anderen Sinnesvorstellungen. Was in ihnen noch ungetrennt liegt, das bildet sich in den

---

[1] Vergl. S. 359.

zwei höheren Sinnen nach verschiedener Richtung aus. Wir werden daher auch hier zu der Ansicht hingeführt, welche die genetische Betrachtung des Thierreichs bestätigt, dass sich jene höheren Sinne, die schon vermöge der einseitigen Entwicklung ihrer Vorstellungen den Namen von Specialsinnen verdienen, aus dem allgemeinen Tastsinn entwickelt haben[1]. Die zeitliche und die räumliche Form der Anschauung sind in der Vorstellung der Bewegung untrennbar vereinigt. Nun haben wir schon bemerkt, dass die Bewegungsempfindungen centralen Ursprungs sind, indem sie unmittelbar die motorische Innervation begleiten[2]. Demnach ist denn auch die erste Grundlage der Zeit- und Raumanschauungen in der unmittelbaren Wirkung des Willens auf die Bewegungsorgane gegeben. Zu ihrer Ergänzung bedarf dieselbe jedoch einer Sinnesfläche, die peripherischen Reizen zugänglich ist, und als solche bietet sich zunächst das über die ganze Körperoberfläche ausgebreitete Tastorgan dar.

Nicht nur Empfindungen eines und desselben Sinnes, sondern auch disparate, d. h. verschiedenen Sinnen zugehörige Empfindungen können zu Vorstellungen vereinigt werden. Solche nennen wir dann complexe Vorstellungen. Dabei zählen wir aber die Bewegungsempfindungen nicht als einen besonderen Sinn mit, sondern wir beschränken den Ausdruck auf jene Fälle, wo sich mehrere Vorstellungen von einander unabhängiger Sinne verbinden. So gibt uns der Gesichtssinn die Vorstellung eines ausgedehnten Körpers, der Tastsinn die Vorstellung seines Widerstandes oder seiner Schwere; so der Gesichtssinn die Vorstellung der schwingenden Saite, der Gehörssinn die Vorstellung des Klanges, der von ihr ausgeht, u. s. w. Man sieht sogleich, dass die Bestandtheile einer solchen complexen Vorstellung sehr viel loser mit einander vereinigt sind als die Theile einer einfachen Sinnesvorstellung. Die complexe Vorstellung kann sich darum auch leicht wieder in die einfacheren auflösen, aus denen sie zusammengesetzt ist. Ausserdem haben häufig ihre Bestandtheile einen sehr verschiedenen Werth, indem an eine herrschende Sinnesvorstellung einige Vorstellungen anderer Sinne in inconstanterer Weise sich anschliessen. So kann mit der durch den Gesichtssinn vermittelten Vorstellung eines Körpers bald die seiner Schwere, bald die seines Geschmacks oder Geruchs sich verbinden: diese begleitenden Vorstellungen können dann aber zeitweise wieder verschwinden und der Gesichtsvorstellung allein Raum lassen. In dieser Weise gestalten sich namentlich unsere Gesichtsvorstellungen zu herrschenden Bestandtheilen solcher Verbindungen. Wir denken fast allein in Gesichtsbildern und fügen den letzteren andere sinnliche Eigenschaften

---

[1] Vergl. S. 341, 352.
[2] S. 316.

als accessorische und wechselndere Merkmale an. Häufig bleiben denn auch diese an sich auf der Stufe der reinen Empfindung. Erst indem die Empfindungen schwer, süss, wohlriechend u. s. w. zu Attributen irgend eines in der Gesichtsvorstellung gegebenen Körpers werden, sind sie selbst eigentlich Vorstellungen, d. h. nach Raum und Zeit, den allgemeinen Formen des Vorstellens, bestimmt. Endlich kann es noch vorkommen, dass nur gewisse Bestandtheile einer complexen Vorstellung in directen Sinnesreizen ihre Ursache haben, andere aber zu den Einbildungsvorstellungen gehören. Denn die Erweckung einer Sinnesvorstellung durch eine andere, die häufig mit ihr verbunden vorkam, ist einer der geläufigsten Fälle der Reproduction. So erweckt der Anblick des Zuckers die Vorstellung seines süssen Geschmacks, und letzterer ruft hinwiederum die Gesichtsvorstellung des weissen, krystallinischen Körpers hervor. Wenn die Vorstellung überhaupt das Bild eines Gegenstandes bedeutet, so entspricht die complexe Vorstellung einem Gegenstand mit mehreren, disparaten Merkmalen. Die Möglichkeit complexe Vorstellungen zu bilden begründet daher die Fähigkeit verschiedenartige Merkmale auf den nämlichen Gegenstand zu beziehen.

Jede Vorstellung ist, so lange die Beziehung des anschauenden Subjectes zu dem angeschauten Gegenstande sich nicht ändert, aus einer unveränderlichen Zahl von Empfindungen zusammengesetzt. Erst wenn der Gegenstand eine andere Beschaffenheit annimmt, oder aber wenn unser Standpunkt in Bezug auf denselben oder unsere Aufmerksamkeit sich verschiebt, verändert sich auch die Vorstellung. Wir bezeichnen die letztere, insofern ihr ein einzelner Gegenstand entspricht, als Einzelvorstellung. Diese ist wesentlich durch ihren constanten Empfindungsinhalt gekennzeichnet. Hiervon unterscheiden sich nun jene Producte der Vorstellungsthätigkeit, denen nie ein bestimmter Gegenstand entspricht, sondern die, immer erst aus zahlreichen und wechselnden Eindrücken hervorgehend, einen variabeln Inhalt besitzen. Sie lassen sich wieder in zwei Classen sondern: 1) in solche Vorstellungen, die nur in Bezug auf gewisse Bestandtheile variabel sind, während andere constant bleiben: dies sind die Allgemeinvorstellungen, und 2) in solche, die nach ihrem ganzen Inhalt variabel sind, so dass nur die inhaltsleere Form erhalten bleibt: dies sind die Anschauungsformen, Zeit und Raum. Es ist die gemeinsame Eigenschaft der Allgemeinvorstellungen und der Anschauungsformen, dass sie eigentlich niemals unmittelbar im Bewusstsein gegeben, sondern nur in der fortwährenden Veränderlichkeit des Vorstellens zu erfassen sind. So zerfliesst die Allgemeinvorstellung Baum fortwährend in die verschiedensten Einzelvorstellungen, und selbst die relativ constanteren Bestandtheile der letzteren haben zwar eine Aehnlichkeit, die uns eben veranlasst die ganze Gruppe zu einer Allgemeinvorstellung zu vereinigen, aber sie bleiben nicht

objectiven Sinneswahrnehmungen, aus denen sich unsere sinnliche Weltanschauung zusammensetzt. Auf der andern Seite vermitteln jene Organempfindungen, welche sich an der Bildung des Gemeingefühls betheiligen, Vorstellungen von unserm subjectiven Befinden. Doch bleiben die letzteren im allgemeinen auf einer unentwickelteren Stufe, auf der sie sich von den Empfindungen, die ihnen zu Grunde liegen, wenig unterscheiden. Die Einbildungsvorstellungen stammen durchweg von centraler Reizung her. Zu ihnen gehören die Hallucinationen, die Phantasmen des Traumes und die gewöhnlichen Erinnerungsbilder. Diese ganze Classification der Vorstellungen beruht aber auf Kennzeichen, die erst dem entwickelten Selbstbewusstsein angehören. Ob eine Vorstellung Wahrnehmung oder Einbildung sei, wissen wir ursprünglich ebenso wenig, als wir ohne Reflexion und Erfahrung die Empfindung auf ihre Ursachen zurückführen. Noch das Kind und der wilde Naturmensch vermengen nicht selten ihre Träume mit ihren wachen Erlebnissen. Auch darüber, ob der Gegenstand der Vorstellung ausser uns sei oder zu uns gehöre, sagt die ursprüngliche Wahrnehmung nichts aus, da diese Unterscheidung selber schon mannigfache Vorstellungen voraussetzt.

Die Vorstellung ist im Vergleich mit der Empfindung ein Zusammengesetztes. Sie enthält Empfindungen als ihre Bestandtheile. Man hat daher die Empfindung eine einfache Vorstellung genannt[1]). Doch führt dies von dem eigentlichen Begriff der Vorstellung sowie der Empfindung ab, und scheint es uns daher nicht zweckmässig, in solcher Weise die von der Sprache mit gutem Grund gezogenen Grenzen zu verwischen. Da nun die Beziehung der Vorstellung auf einen Gegenstand erst ein secundärer Act ist, so kann das ursprüngliche Wesen derselben nur in der Verbindung einer Mehrheit von Empfindungen bestehen. Diese Verbindung setzt stets eine besondere Thätigkeit voraus, welche eben das Vorstellen zu einem von dem Empfinden verschiedenen Vorgange macht. Die Empfindung ist der ursprünglichste Inhalt des Bewusstseins, dem keine andern psychischen Acte vorausgehen. Die Vorstellung dagegen entspringt aus einfacheren Vorgängen, nämlich aus den Empfindungen, die sich nach bestimmten psychologischen Gesetzen zu Vorstellungen vereinigen.

Diese Vereinigung kann nun in einer doppelten Weise vor sich gehen: erstens in der Form einer zeitlichen Aneinanderreihung, und zweitens als eine räumliche Ordnung. Beide Verbindungen beruhen auf eigenthümlichen Anwendungen des allgemeinen Gesetzes der Beziehung. Wo sich die Empfindungen in der zeitlichen Form verbinden, ergeben sich die Succession

---

[1]) So namentlich WOLFF (Psychologia empir. Sect. II. cap. I.), im Anschluss an den von LEIBNITZ eingeführten Begriff des vorstellenden Wesens der Seele, und in neuerer Zeit HERBART mit seiner Schule. Vgl. z. B. VOLKMANN, Grundriss der Psychologie. Halle 1856. S. 51.

als accessorische und wechselndere Merkmale an. Häufig bleiben denn auch diese an sich auf der Stufe der reinen Empfindung. Erst indem die Empfindungen schwer, süss, wohlriechend u. s. w. zu Attributen irgend eines in der Gesichtsvorstellung gegebenen Körpers werden, sind sie selbst eigentlich Vorstellungen, d. h. nach Raum und Zeit, den allgemeinen Formen des Vorstellens, bestimmt. Endlich kann es noch vorkommen, dass nur gewisse Bestandtheile einer complexen Vorstellung in directen Sinnesreizen ihre Ursache haben, andere aber zu den Einbildungsvorstellungen gehören. Denn die Erweckung einer Sinnesvorstellung durch eine andere, die häufig mit ihr verbunden vorkam, ist einer der geläufigsten Fälle der Reproduction. So erweckt der Anblick des Zuckers die Vorstellung seines süssen Geschmacks, und letzterer ruft hinwiederum die Gesichtsvorstellung des weissen, krystallinischen Körpers hervor. Wenn die Vorstellung überhaupt das Bild eines Gegenstandes bedeutet, so entspricht die complexe Vorstellung einem Gegenstand mit mehreren, disparaten Merkmalen. Die Möglichkeit complexe Vorstellungen zu bilden begründet daher die Fähigkeit verschiedenartige Merkmale auf den nämlichen Gegenstand zu beziehen.

Jede Vorstellung ist, so lange die Beziehung des anschauenden Subjectes zu dem angeschauten Gegenstande sich nicht ändert, aus einer unveränderlichen Zahl von Empfindungen zusammengesetzt. Erst wenn der Gegenstand eine andere Beschaffenheit annimmt, oder aber wenn unser Standpunkt in Bezug auf denselben oder unsere Aufmerksamkeit sich verschiebt, verändert sich auch die Vorstellung. Wir bezeichnen die letztere, insofern ihr ein einzelner Gegenstand entspricht, als Einzelvorstellung. Diese ist wesentlich durch ihren constanten Empfindungsinhalt gekennzeichnet. Hiervon unterscheiden sich nun jene Producte der Vorstellungsthätigkeit, denen nie ein bestimmter Gegenstand entspricht, sondern die, immer erst aus zahlreichen und wechselnden Eindrücken hervorgehend, einen variabeln Inhalt besitzen. Sie lassen sich wieder in zwei Classen sondern: 1) in solche Vorstellungen, die nur in Bezug auf gewisse Bestandtheile variabel sind, während andere constant bleiben: dies sind die Allgemeinvorstellungen, und 2) in solche, die nach ihrem ganzen Inhalt variabel sind, so dass nur die inhaltsleere Form erhalten bleibt: dies sind die Anschauungsformen, Zeit und Raum. Es ist die gemeinsame Eigenschaft der Allgemeinvorstellungen und der Anschauungsformen, dass sie eigentlich niemals unmittelbar im Bewusstsein gegeben, sondern nur in der fortwährenden Veränderlichkeit des Vorstellens zu erfassen sind. So zerfliesst die Allgemeinvorstellung Baum fortwährend in die verschiedensten Einzelvorstellungen, und selbst die relativ constanteren Bestandtheile der letzteren haben zwar eine Aehnlichkeit, die uns eben veranlasst die ganze Gruppe zu einer Allgemeinvorstellung zu vereinigen, aber sie bleiben nicht

zwei höheren Sinnen nach verschiedener Richtung aus. Wir werden daher auch hier zu der Ansicht hingeführt, welche die genetische Betrachtung des Thierreichs bestätigt, dass sich jene höheren Sinne, die schon vermöge der einseitigen Entwicklung ihrer Vorstellungen den Namen von Specialsinnen verdienen, aus dem allgemeinen Tastsinn entwickelt haben[1]. Die zeitliche und die räumliche Form der Anschauung sind in der Vorstellung der Bewegung untrennbar vereinigt. Nun haben wir schon bemerkt, dass die Bewegungsempfindungen centralen Ursprungs sind, indem sie unmittelbar die motorische Innervation begleiten[2]. Demnach ist denn auch die erste Grundlage der Zeit- und Raumanschauungen in der unmittelbaren Wirkung des Willens auf die Bewegungsorgane gegeben. Zu ihrer Ergänzung bedarf dieselbe jedoch einer Sinnesfläche, die peripherischen Reizen zugänglich ist, und als solche bietet sich zunächst das über die ganze Körperoberfläche ausgebreitete Tastorgan dar.

Nicht nur Empfindungen eines und desselben Sinnes, sondern auch disparate, d. h. verschiedenen Sinnen zugehörige Empfindungen können zu Vorstellungen vereinigt werden. Solche nennen wir dann complexe Vorstellungen. Dabei zählen wir aber die Bewegungsempfindungen nicht als einen besonderen Sinn mit, sondern wir beschränken den Ausdruck auf jene Fälle, wo sich mehrere Vorstellungen von einander unabhängiger Sinne verbinden. So gibt uns der Gesichtssinn die Vorstellung eines ausgedehnten Körpers, der Tastsinn die Vorstellung seines Widerstandes oder seiner Schwere; so der Gesichtssinn die Vorstellung der schwingenden Saite, der Gehörssinn die Vorstellung des Klanges, der von ihr ausgeht, u. s. w. Man sieht sogleich, dass die Bestandtheile einer solchen complexen Vorstellung sehr viel loser mit einander vereinigt sind als die Theile einer einfachen Sinnesvorstellung. Die complexe Vorstellung kann sich darum auch leicht wieder in die einfacheren auflösen, aus denen sie zusammengesetzt ist. Ausserdem haben häufig ihre Bestandtheile einen sehr verschiedenen Werth, indem an eine herrschende Sinnesvorstellung einige Vorstellungen anderer Sinne in inconstanterer Weise sich anschliessen. So kann mit der durch den Gesichtssinn vermittelten Vorstellung eines Körpers bald die seiner Schwere, bald die seines Geschmacks oder Geruchs sich verbinden: diese begleitenden Vorstellungen können dann aber zeitweise wieder verschwinden und der Gesichtsvorstellung allein Raum lassen. In dieser Weise gestalten sich namentlich unsere Gesichtsvorstellungen zu herrschenden Bestandtheilen solcher Verbindungen. Wir denken fast allein in Gesichtsbildern und fügen den letzteren andere sinnliche Eigenschaften

---

[1] Vergl. S. 341, 352.
[2] S. 316.

als accessorische und wechselndere Merkmale an. Häufig bleiben denn auch diese an sich auf der Stufe der reinen Empfindung. Erst indem die Empfindungen schwer, süss, wohlriechend u. s. w. zu Attributen irgend eines in der Gesichtsvorstellung gegebenen Körpers werden, sind sie selbst eigentlich Vorstellungen, d. h. nach Raum und Zeit, den allgemeinen Formen des Vorstellens, bestimmt. Endlich kann es noch vorkommen, dass nur gewisse Bestandtheile einer complexen Vorstellung in directen Sinnesreizen ihre Ursache haben, andere aber zu den Einbildungsvorstellungen gehören. Denn die Erweckung einer Sinnesvorstellung durch eine andere, die häufig mit ihr verbunden vorkam, ist einer der geläufigsten Fälle der Reproduction. So erweckt der Anblick des Zuckers die Vorstellung seines süssen Geschmacks, und letzterer ruft hinwiederum die Gesichtsvorstellung des weissen, krystallinischen Körpers hervor. Wenn die Vorstellung überhaupt das Bild eines Gegenstandes bedeutet, so entspricht die complexe Vorstellung einem Gegenstand mit mehreren, disparaten Merkmalen. Die Möglichkeit complexe Vorstellungen zu bilden begründet daher die Fähigkeit verschiedenartige Merkmale auf den nämlichen Gegenstand zu beziehen.

Jede Vorstellung ist, so lange die Beziehung des anschauenden Subjectes zu dem angeschauten Gegenstande sich nicht ändert, aus einer unveränderlichen Zahl von Empfindungen zusammengesetzt. Erst wenn der Gegenstand eine andere Beschaffenheit annimmt, oder aber wenn unser Standpunkt in Bezug auf denselben oder unsere Aufmerksamkeit sich verschiebt, verändert sich auch die Vorstellung. Wir bezeichnen die letztere, insofern ihr ein einzelner Gegenstand entspricht, als Einzelvorstellung. Diese ist wesentlich durch ihren constanten Empfindungsinhalt gekennzeichnet. Hiervon unterscheiden sich nun jene Producte der Vorstellungsthätigkeit, denen nie ein bestimmter Gegenstand entspricht, sondern die, immer erst aus zahlreichen und wechselnden Eindrücken hervorgehend, einen variabeln Inhalt besitzen. Sie lassen sich wieder in zwei Classen sondern: 1) in solche Vorstellungen, die nur in Bezug auf gewisse Bestandtheile variabel sind, während andere constant bleiben: dies sind die Allgemeinvorstellungen, und 2) in solche, die nach ihrem ganzen Inhalt variabel sind, so dass nur die inhaltsleere Form erhalten bleibt: dies sind die Anschauungsformen, Zeit und Raum. Es ist die gemeinsame Eigenschaft der Allgemeinvorstellungen und der Anschauungsformen, dass sie eigentlich niemals unmittelbar im Bewusstsein gegeben, sondern nur in der fortwährenden Veränderlichkeit des Vorstellens zu erfassen sind. So zerfliesst die Allgemeinvorstellung Baum fortwährend in die verschiedensten Einzelvorstellungen, und selbst die relativ constanteren Bestandtheile der letzteren haben zwar eine Aehnlichkeit, die uns eben veranlasst die ganze Gruppe zu einer Allgemeinvorstellung zu vereinigen, aber sie bleiben nicht

identisch. Stamm und Wurzel, Zweige und Blätter zeigen überall dasselbe allgemeine Verhältniss der räumlichen Lage, doch jeder einzelne dieser Theile ist wieder unendlich variabel in seiner Grösse und Gestalt. Raum und Zeit vollends erfassen wir nie anders als in der Form räumlich geordneter Gegenstände und zeitlicher Veränderungen an denselben. Unsere Raum- und Zeitanschauung besteht nur in dem Bewusstsein, dass für alles einzelne, was im Raum sich ausdehnt und in der Zeit geschieht, auch ein anderes gesetzt werden kann, ohne dass der allgemeine Charakter des Raumes und der Zeit sich verändert. Die Allgemeinvorstellungen und die Anschauungsformen existiren daher nie und nirgends als bestimmte Vorstellungsacte. Wirklichkeit haben in unserm Bewusstsein immer nur die Einzelvorstellungen, und jeder Versuch, aus einer Anzahl derselben das Gemeinsame oder die Form zu abstrahiren, führt unvermeidlich wieder zu einer Auflösung in fortwährend wechselnde Einzelvorstellungen.

Die Vorstellung tritt, wie die Empfindung, in eine Beziehung zu dem Bewusstsein, dessen Bestandtheil sie bildet. Auch hier kann von dieser Beziehung unter Umständen, wenn man nämlich die Vorstellung lediglich nach ihrer objectiven Natur und Bedeutung untersucht, abgesehen werden. Im Vergleich mit der zeitlichen und räumlichen Form ist daher die Beziehung zum Bewusstsein eine secundäre Eigenschaft. Die Gefühle, die auf diese Weise entstehen, entspringen selbst erst aus den räumlichen und zeitlichen Verhältnissen. Indem das Bewusstsein bestimmte Verhältnisse ansprechend, andere unangemessen empfindet, treten in ihm gegensätzliche Zustände auf, die ihrer Natur nach dem Gebiet des Gefühls angehören, und die doch, da sie aus den Eigenschaften der Vorstellungen entspringen, über das an die Empfindungen geknüpfte rein sinnliche Gefühl hinausgehen. So scheint es denn zweckmässig, diese Zustände als ästhetische Gefühle zu bezeichnen, da sie in der That den wesentlichsten Bestandtheil jener künstlerischen Effecte ausmachen, die man der ästhetischen Wirkung zurechnet. Dies entspricht auch dem unmittelbaren Wortsinn, der auf die Wirkung des Wahrgenommenen, also der Vorstellungen hinweist. Es darf jedoch nicht übersehen werden, dass die gewöhnliche Begriffsbestimmung des Aesthetischen auch complicirtere Gemüthszustände intellectueller und ethischer Art mit umfasst, die wegen ihrer verwickelten Beschaffenheit nicht in eine Analyse der psychischen Elementarphänomene gehören.

Zwölftes Capitel.

Tast- und Bewegungsvorstellungen.

Die Druck- und Temperaturempfindungen unserer Haut beziehen wir auf den Ort, welcher vom Reize getroffen wurde, ebenso die dem Tastsinn verwandten Empfindungen der inneren Theile. Die Genauigkeit dieser Localisation ist ausserordentlich verschieden. Sie ist am unvollkommensten bei den Gemeingefühlen, und wahrscheinlich wird hier die Ortsvorstellung nur durch die zeitweise Verbindung mit Tastempfindungen eine etwas bestimmtere. Einer messenden Vergleichung sind jedoch in dieser Beziehung nur die verschiedenen Provinzen der Hautoberfläche zugänglich. Die naheliegendste Methode, um die Genauigkeit der örtlichen Auffassung zu prüfen, besteht darin, dass man eine Hautstelle berührt und dann aus der blossen Tastempfindung, also unter Ausschluss des Gesichtssinns, den Ort der Berührung bestimmen lässt[1]). Hierbei wird im allgemeinen ein Fehler begangen, der sich, sobald man eine grössere Zahl von Beobachtungen verwendet, bei jeder Hautstelle einem constanten Werthe nähert, für die verschiedenen Stellen aber ausserordentlich wechselt. Die Feinheit der Localisation ist der Grösse jenes Fehlers umgekehrt proportional. Dieses Verfahren entspricht demnach vollständig der Methode der mittleren Fehler[2]) bei der Intensitätsmessung. Im vorliegenden Fall führt aber dies unmittelbar zu einem kürzeren Verfahren, welches der Methode der eben merklichen Unterschiede analog ist. Will man nämlich an sich selbst die Stelle der Haut bestimmen, an der eine Berührung gefühlt wurde, so kann dies nur durch eigene Betastung geschehen. Dadurch entsteht eine zweite Tastempfindung, und unwillkürlich wird man nun so lange den berührenden Finger auf der Haut verschieben, bis die zweite der ersten Empfindung gleich geworden ist. Es liegt nahe, die Feststellung der Localisationsschärfe direct auf diese Vergleichung zu gründen, also zwei Eindrücke gleichzeitig oder rasch nach einander auf zwei benachbarte Stellen wirken zu lassen und dann diejenige Grenzdistanz aufzusuchen, bei welcher die Eindrücke eben noch als räumlich gesonderte aufgefasst werden. Letzteres Verfahren ist es, nach welchem E. H. Weber den von ihm so genannten Ortssinn der mensch-

---

[1]) E. H. Weber, Sitzungsberichte der königl. sächs. Ges. der Wissensch. 1852. S. 87. Eine grössere Zahl von Versuchen haben nach diesem Verfahren unter Vierordt's Leitung Kottenkamp und Ullrich ausgeführt. (Zeitschr. f. Biologie VI. S. 45 f.)

[2]) Vgl. S. 297.

lichen Haut untersucht hat[1]. Ueberträgt man die bei der Empfindungsmessung gebrauchten Ausdrücke auch auf die in der Raum- oder Zeitform zu Vorstellungen geordneten Empfindungen, so kann man allgemein jenen Grenzwerth, der die kleinste Raum- oder Zeitentfernung misst, in welcher Empfindungen noch von einander getrennt werden können, als extensive Schwelle bezeichnen, im Gegensatze zur intensiven Schwelle, welche die eben unterscheidbare Intensität der Empfindung bestimmt. Wir können dann aber die extensive Schwelle wieder unterscheiden in die Raumschwelle, um die es sich hier handelt, und die Zeitschwelle, auf deren Betrachtung wir später, bei der Untersuchung des zeitlichen Verlaufs der Vorstellungen, eingehen werden[2].

Zur Untersuchung der Raumschwelle des Tastsinns benützt man nach dem Vorbilde WEBER's einen Cirkel mit abgestumpften Spitzen, der, wenn man die Versuche an sich selbst ausführt, am besten mit einem Stiel versehen ist[3]. So lange die Entfernung der Cirkelspitzen unter der Raumschwelle bleibt, wird nur ein einziger Eindruck wahrgenommen; sobald sie jenen Grenzwerth überschreitet, fasst man beide Eindrücke als gesonderte auf. Die Raumschwelle lässt sich daher aus mehreren Probeversuchen als die Grenze zwischen der unmerklichen und der übermerklichen räumlichen Scheidung der Eindrücke feststellen. Die Grösse dieses Grenzwerthes variirt nach den Messungen WEBER's je nach der Hautstelle zwischen 1 und 68 Millimetern. Am feinsten ist die Unterscheidung an der Zungenspitze und an der Volarfläche der vordersten Fingerglieder, erheblich gröber an den übrigen Theilen der Hand, dem Gesichte, den Zehen u. s. w., am ungenauesten an Brust und Bauch, Rücken, Oberarm und Oberschenkel. Hat man die Grenze, wo die zwei gleichzeitig aufgesetzen Spitzen unterschieden werden, nahezu erreicht, so wird zwar kein doppelter Eindruck wahrgenommen, aber man bemerkt mehr oder weniger deutlich, in welcher Richtung, ob z. B. longitudinal oder transversal, die beiden Spitzen aufgesetzt worden sind. In diesem Fall hat man also offenbar von der Ausdehnung des Eindrucks eine bestimmte Vorstellung, aber man unterscheidet

---

[1] Annotationes anatomicae et physiologicae. Prol. VI—XI. 1829—31. Art. Tastsinn und Gemeingefühl, WAGNER's Handwörterbuch der Physiol. III. 2, S. 524 f.

[2] Der Ausdruck extensive Schwelle rührt von FECHNER her. Er hat ihn aber auf den Begriff der Raumschwelle beschränkt, da er die Untersuchung der zeitlichen Verhältnisse der Vorstellungen nicht in seine Untersuchungen aufnahm. Auch behandelt FECHNER die Auffassung in extensiver Form als eine unmittelbar der Empfindung zukommende Eigenschaft. (Elemente der Psychophysik I. S. 52, 267 f.)

[3] Gebraucht man, wie bei der unten zu erwähnenden Methode der richtigen und falschen Fälle, constante Distanzen, so ersetzt man zweckmässig, wie es KOTTENKAMP und ULLRICH gethan haben, den Cirkel durch zwei in ein Brett gesteckte Nadeln, deren Köpfe nun zur Berührung der Haut benutzt werden. (Zeitschr. f. Biologie. VI. S. 38.)

Dritter Abschnitt.

Von den Vorstellungen.

Elftes Capitel.

Begriff und Arten der Vorstellung.

Unter einer Vorstellung verstehen wir der geläufigen Wortbedeutung nach das in unserm Bewusstsein erzeugte Bild eines Gegenstandes. Die Welt, so weit wir sie kennen, besteht nur aus unsern Vorstellungen. Diese werden von dem natürlichen Bewusstsein ohne weiteres mit den Gegenständen, die sie bedeuten, identisch gesetzt. Erst die wissenschaftliche Reflexion erhebt die Frage, wie das in der Vorstellung gelieferte Bild und sein Gegenstand sich zu einander verhalten.

Der Gegenstand einer Vorstellung kann ein wirklicher oder ein bloss gedachter sein. Vorstellungen, welche sich auf einen wirklichen Gegenstand beziehen, mag dieser nun ausser uns existiren oder zu unserm eigenen Wesen gehören, nennen wir Wahrnehmungen oder Anschauungen. Bei dem Ausdruck Wahrnehmung haben wir die Auffassung des Gegenstandes nach seiner wirklichen Beschaffenheit im Auge, bei der Anschauung denken wir vorzugsweise an die dabei vorhandene Thätigkeit unseres Bewusstseins. Dort legen wir auf die objective, hier auf die subjective Seite des Vorstellens das Hauptgewicht. Ist der Gegenstand der Vorstellung kein wirklicher sondern ein bloss gedachter, so nennen wir diese eine Einbildungs- oder Phantasievorstellung.

Alle unsere Vorstellungen zerfallen in Anschauungs- und Einbildungsvorstellungen. Die Anschauungsvorstellungen oder Wahrnehmungen haben stets ihren Grund in der Erregung unserer Sinnesorgane durch peripherische Reize. Unter den letzteren gehen die meisten von ausser uns befindlichen Gegenständen aus. Durch sie entstehen die

objectiven Sinneswahrnehmungen, aus denen sich unsere sinnliche Weltanschauung zusammensetzt. Auf der andern Seite vermitteln jene Organempfindungen, welche sich an der Bildung des Gemeingefühls betheiligen, Vorstellungen von unserm subjectiven Befinden. Doch bleiben die letzteren im allgemeinen auf einer unentwickelteren Stufe, auf der sie sich von den Empfindungen, die ihnen zu Grunde liegen, wenig unterscheiden. Die Einbildungsvorstellungen stammen durchweg von centraler Reizung her. Zu ihnen gehören die Hallucinationen, die Phantasmen des Traumes und die gewöhnlichen Erinnerungsbilder. Diese ganze Classification der Vorstellungen beruht aber auf Kennzeichen, die erst dem entwickelten Selbstbewusstsein angehören. Ob eine Vorstellung Wahrnehmung oder Einbildung sei, wissen wir ursprünglich ebenso wenig, als wir ohne Reflexion und Erfahrung die Empfindung auf ihre Ursachen zurückführen. Noch das Kind und der wilde Naturmensch vermengen nicht selten ihre Träume mit ihren wachen Erlebnissen. Auch darüber, ob der Gegenstand der Vorstellung ausser uns sei oder zu uns gehöre, sagt die ursprüngliche Wahrnehmung nichts aus, da diese Unterscheidung selber schon mannigfache Vorstellungen voraussetzt.

Die Vorstellung ist im Vergleich mit der Empfindung ein Zusammengesetztes. Sie enthält Empfindungen als ihre Bestandtheile. Man hat daher die Empfindung eine einfache Vorstellung genannt[1]). Doch führt dies von dem eigentlichen Begriff der Vorstellung sowie der Empfindung ab, und scheint es uns daher nicht zweckmässig, in solcher Weise die von der Sprache mit gutem Grund gezogenen Grenzen zu verwischen. Da nun die Beziehung der Vorstellung auf einen Gegenstand erst ein secundärer Act ist, so kann das ursprüngliche Wesen derselben nur in der Verbindung einer Mehrheit von Empfindungen bestehen. Diese Verbindung setzt stets eine besondere Thätigkeit voraus, welche eben das Vorstellen zu einem von dem Empfinden verschiedenen Vorgange macht. Die Empfindung ist der ursprünglichste Inhalt des Bewusstseins, dem keine andern psychischen Acte vorausgehen. Die Vorstellung dagegen entspringt aus einfacheren Vorgängen, nämlich aus den Empfindungen, die sich nach bestimmten psychologischen Gesetzen zu Vorstellungen vereinigen.

Diese Vereinigung kann nun in einer doppelten Weise vor sich gehen: erstens in der Form einer zeitlichen Aneinanderreihung, und zweitens als eine räumliche Ordnung. Beide Verbindungen beruhen auf eigenthümlichen Anwendungen des allgemeinen Gesetzes der Beziehung. Wo sich die Empfindungen in der zeitlichen Form verbinden, ergeben sich die Succession

[1]) So namentlich WOLFF Psychologia empir. Sect. II. cap. I., im Anschluss an den von LEIBNITZ eingeführten Begriff des vorstellenden Wesens der Seele, und in neuerer Zeit HERBART mit seiner Schule. Vgl. z. B. VOLKMANN, Grundriss der Psychologie. Halle 1856. S. 51.

und die Gleichzeitigkeit als die wesentlichen Unterschiede des Vorstellens. Alle unsere Vorstellungen nehmen eine Stelle in der Zeit ein; aber für eine Classe derselben gewinnt die Zeitform eine ganz überwiegende Bedeutung, für die Gehörsvorstellungen. Die Disposition hierzu liegt schon in der Natur der Schallempfindungen[1]. Das Gehör erhält daher vorzugsweise die Bedeutung eines zeiterweckenden Sinnes. Wegen dieser Richtung auf die Zeitanschauung tritt hier das Verhältniss der Vorstellung zu ihrem Gegenstand, welches stets eine räumliche Ordnung der Empfindungen voraussetzt, mehr in den Hintergrund, obgleich es keineswegs fehlt, indem wir auch den Schalleindruck im allgemeinen auf einen Ort beziehen, von welchem er ausgeht. Aber da wir auf diese Beziehung nicht immer Werth legen, so kann sie auf kürzere oder längere Zeit unserem Bewusstsein ganz verloren gehen. Dies geschieht namentlich dort, wo die Klangvorstellungen zu einem Vehikel ästhetischer Wirkungen werden, und wo sie allein den zeitlichen Verlauf unserer inneren Zustände schildern, ohne jede Rücksicht auf ein Object, dessen Bild die Vorstellung wäre.

Auch in eine räumliche Ordnung bringen wir bis zu einem gewissen Grad alle unsere Vorstellungen. Aber wie für das Gehör, so bleibt dieselbe für Geruch, Geschmack und Gemeingefühl wenig entwickelt. Bei diesen Sinnen besteht nämlich die einzige räumliche Beziehung in einer unvollkommenen Localisation der Empfindungen, die überall erst in Anlehnung an die ausgebildeteren räumlichen Sinne geschieht. Hier sind es dann die Gesichtsvorstellungen, welchen eine eminente Bedeutung für die Auffassung zukommt.

Während so Auge und Ohr in die zwei Formen sich theilen, in denen unser Bewusstsein die Welt und ihren Lauf anschaut, treten uns in den Tast- und Bewegungsvorstellungen beide Arten der Anschauung in vollständiger Vereinigung entgegen. Wegen ihrer gleichförmigen Empfindungsgrundlage sind diese Vorstellungen wenig mannigfaltig. Von einander sondern lassen sie sich nicht. Denn die mit Tastsinn begabten Theile werden nur durch ihre Beweglichkeit zur Auffassung der Eindrücke geeignet, und die Bewegung der Glieder führt nur unter Mithülfe der Tastempfindlichkeit der Haut zur Wahrnehmung der Bewegung. In den Tast- und Bewegungsvorstellungen sind nun Zeit- und Raumanschauung verbunden. Jede Bewegung wird aufgefasst als eine zeitliche Succession, und zugleich entsteht damit das Bild der zurückgelegten Raumstrecke. So bilden die Tast- und Bewegungsvorstellungen die Grundlage zu allen anderen Sinnesvorstellungen. Was in ihnen noch ungetrennt liegt, das bildet sich in den

[1] Vergl. S. 359.

zwei höheren Sinnen nach verschiedener Richtung aus. Wir werden daher auch hier zu der Ansicht hingeführt, welche die genetische Betrachtung des Thierreichs bestätigt, dass sich jene höheren Sinne, die schon vermöge der einseitigen Entwicklung ihrer Vorstellungen den Namen von Specialsinnen verdienen, aus dem allgemeinen Tastsinn entwickelt haben[1]. Die zeitliche und die räumliche Form der Anschauung sind in der Vorstellung der Bewegung untrennbar vereinigt. Nun haben wir schon bemerkt, dass die Bewegungsempfindungen centralen Ursprungs sind, indem sie unmittelbar die motorische Innervation begleiten[2]. Demnach ist denn auch die erste Grundlage der Zeit- und Raumanschauungen in der unmittelbaren Wirkung des Willens auf die Bewegungsorgane gegeben. Zu ihrer Ergänzung bedarf dieselbe jedoch einer Sinnesfläche, die peripherischen Reizen zugänglich ist, und als solche bietet sich zunächst das über die ganze Körperoberfläche ausgebreitete Tastorgan dar.

Nicht nur Empfindungen eines und desselben Sinnes, sondern auch disparate, d. h. verschiedenen Sinnen zugehörige Empfindungen können zu Vorstellungen vereinigt werden. Solche nennen wir dann complexe Vorstellungen. Dabei zählen wir aber die Bewegungsempfindungen nicht als einen besonderen Sinn mit, sondern wir beschränken den Ausdruck auf jene Fälle, wo sich mehrere Vorstellungen von einander unabhängiger Sinne verbinden. So gibt uns der Gesichtssinn die Vorstellung eines ausgedehnten Körpers, der Tastsinn die Vorstellung seines Widerstandes oder seiner Schwere; so der Gesichtssinn die Vorstellung der schwingenden Saite, der Gehörssinn die Vorstellung des Klanges, der von ihr ausgeht, u. s. w. Man sieht sogleich, dass die Bestandtheile einer solchen complexen Vorstellung sehr viel loser mit einander vereinigt sind als die Theile einer einfachen Sinnesvorstellung. Die complexe Vorstellung kann sich darum auch leicht wieder in die einfacheren auflösen, aus denen sie zusammengesetzt ist. Ausserdem haben häufig ihre Bestandtheile einen sehr verschiedenen Werth, indem an eine herrschende Sinnesvorstellung einige Vorstellungen anderer Sinne in inconstanterer Weise sich anschliessen. So kann mit der durch den Gesichtssinn vermittelten Vorstellung eines Körpers bald die seiner Schwere, bald die seines Geschmacks oder Geruchs sich verbinden: diese begleitenden Vorstellungen können dann aber zeitweise wieder verschwinden und der Gesichtsvorstellung allein Raum lassen. In dieser Weise gestalten sich namentlich unsere Gesichtsvorstellungen zu herrschenden Bestandtheilen solcher Verbindungen. Wir denken fast allein in Gesichtsbildern und fügen den letzteren andere sinnliche Eigenschaften

[1]) Vergl. S. 341, 352.
[2]) S. 316.

als accessorische und wechselndere Merkmale an. Häufig bleiben denn auch diese an sich auf der Stufe der reinen Empfindung. Erst indem die Empfindungen schwer, süss, wohlriechend u. s. w. zu Attributen irgend eines in der Gesichtsvorstellung gegebenen Körpers werden, sind sie selbst eigentlich Vorstellungen, d. h. nach Raum und Zeit, den allgemeinen Formen des Vorstellens, bestimmt. Endlich kann es noch vorkommen, dass nur gewisse Bestandtheile einer complexen Vorstellung in directen Sinnesreizen ihre Ursache haben, andere aber zu den Einbildungsvorstellungen gehören. Denn die Erweckung einer Sinnesvorstellung durch eine andere, die häufig mit ihr verbunden vorkam, ist einer der geläufigsten Fälle der Reproduction. So erweckt der Anblick des Zuckers die Vorstellung seines süssen Geschmacks, und letzterer ruft hinwiederum die Gesichtsvorstellung des weissen, krystallinischen Körpers hervor. Wenn die Vorstellung überhaupt das Bild eines Gegenstandes bedeutet, so entspricht die complexe Vorstellung einem Gegenstand mit mehreren, disparaten Merkmalen. Die Möglichkeit complexe Vorstellungen zu bilden begründet daher die Fähigkeit verschiedenartige Merkmale auf den nämlichen Gegenstand zu beziehen.

Jede Vorstellung ist, so lange die Beziehung des anschauenden Subjectes zu dem angeschauten Gegenstande sich nicht ändert, aus einer unveränderlichen Zahl von Empfindungen zusammengesetzt. Erst wenn der Gegenstand eine andere Beschaffenheit annimmt, oder aber wenn unser Standpunkt in Bezug auf denselben oder unsere Aufmerksamkeit sich verschiebt, verändert sich auch die Vorstellung. Wir bezeichnen die letztere, insofern ihr ein einzelner Gegenstand entspricht, als Einzelvorstellung. Diese ist wesentlich durch ihren constanten Empfindungsinhalt gekennzeichnet. Hiervon unterscheiden sich nun jene Producte der Vorstellungsthätigkeit, denen nie ein bestimmter Gegenstand entspricht, sondern die, immer erst aus zahlreichen und wechselnden Eindrücken hervorgehend, einen variabeln Inhalt besitzen. Sie lassen sich wieder in zwei Classen sondern: 1) in solche Vorstellungen, die nur in Bezug auf gewisse Bestandtheile variabel sind, während andere constant bleiben: dies sind die Allgemeinvorstellungen, und 2) in solche, die nach ihrem ganzen Inhalt variabel sind, so dass nur die inhaltsleere Form erhalten bleibt: dies sind die Anschauungsformen, Zeit und Raum. Es ist die gemeinsame Eigenschaft der Allgemeinvorstellungen und der Anschauungsformen, dass sie eigentlich niemals unmittelbar im Bewusstsein gegeben, sondern nur in der fortwährenden Veränderlichkeit des Vorstellens zu erfassen sind. So zerfliesst die Allgemeinvorstellung Baum fortwährend in die verschiedensten Einzelvorstellungen, und selbst die relativ constanteren Bestandtheile der letzteren haben zwar eine Aehnlichkeit, die uns eben veranlasst die ganze Gruppe zu einer Allgemeinvorstellung zu vereinigen, aber sie bleiben nicht

identisch. Stamm und Wurzel, Zweige und Blätter zeigen überall dasselbe allgemeine Verhältniss der räumlichen Lage, doch jeder einzelne dieser Theile ist wieder unendlich variabel in seiner Grösse und Gestalt. Raum und Zeit vollends erfassen wir nie anders als in der Form räumlich geordneter Gegenstände und zeitlicher Veränderungen an denselben. Unsere Raum- und Zeitanschauung besteht nur in dem Bewusstsein, dass für alles einzelne, was im Raum sich ausdehnt und in der Zeit geschieht, auch ein anderes gesetzt werden kann, ohne dass der allgemeine Charakter des Raumes und der Zeit sich verändert. Die Allgemeinvorstellungen und die Anschauungsformen existiren daher nie und nirgends als bestimmte Vorstellungsacte. Wirklichkeit haben in unserm Bewusstsein immer nur die Einzelvorstellungen, und jeder Versuch, aus einer Anzahl derselben das Gemeinsame oder die Form zu abstrahiren, führt unvermeidlich wieder zu einer Auflösung in fortwährend wechselnde Einzelvorstellungen.

Die Vorstellung tritt, wie die Empfindung, in eine Beziehung zu dem Bewusstsein, dessen Bestandtheil sie bildet. Auch hier kann von dieser Beziehung unter Umständen, wenn man nämlich die Vorstellung lediglich nach ihrer objectiven Natur und Bedeutung untersucht, abgesehen werden. Im Vergleich mit der zeitlichen und räumlichen Form ist daher die Beziehung zum Bewusstsein eine secundäre Eigenschaft. Die Gefühle, die auf diese Weise entstehen, entspringen selbst erst aus den räumlichen und zeitlichen Verhältnissen. Indem das Bewusstsein bestimmte Verhältnisse ansprechend, andere unangemessen empfindet, treten in ihm gegensätzliche Zustände auf, die ihrer Natur nach dem Gebiet des Gefühls angehören, und die doch, da sie aus den Eigenschaften der Vorstellungen entspringen, über das an die Empfindungen geknüpfte rein sinnliche Gefühl hinausgehen. So scheint es denn zweckmässig, diese Zustände als ästhetische Gefühle zu bezeichnen, da sie in der That den wesentlichsten Bestandtheil jener künstlerischen Effecte ausmachen, die man der ästhetischen Wirkung zurechnet. Dies entspricht auch dem unmittelbaren Wortsinn, der auf die Wirkung des Wahrgenommenen, also der Vorstellungen hinweist. Es darf jedoch nicht übersehen werden, dass die gewöhnliche Begriffsbestimmung des Aesthetischen auch complicirtere Gemüthszustände intellectueller und ethischer Art mit umfasst, die wegen ihrer verwickelten Beschaffenheit nicht in eine Analyse der psychischen Elementarphänomene gehören.

Zwölftes Capitel.

Tast- und Bewegungsvorstellungen.

Die Druck- und Temperaturempfindungen unserer Haut beziehen wir auf den Ort, welcher vom Reize getroffen wurde, ebenso die dem Tastsinn verwandten Empfindungen der inneren Theile. Die Genauigkeit dieser Localisation ist ausserordentlich verschieden. Sie ist am unvollkommensten bei den Gemeingefühlen, und wahrscheinlich wird hier die Ortsvorstellung nur durch die zeitweise Verbindung mit Tastempfindungen eine etwas bestimmtere. Einer messenden Vergleichung sind jedoch in dieser Beziehung nur die verschiedenen Provinzen der Hautoberfläche zugänglich. Die naheliegendste Methode, um die Genauigkeit der örtlichen Auffassung zu prüfen, besteht darin, dass man eine Hautstelle berührt und dann aus der blossen Tastempfindung, also unter Ausschluss des Gesichtssinns, den Ort der Berührung bestimmen lässt[1]. Hierbei wird im allgemeinen ein Fehler begangen, der sich, sobald man eine grössere Zahl von Beobachtungen verwendet, bei jeder Hautstelle einem constanten Werthe nähert, für die verschiedenen Stellen aber ausserordentlich wechselt. Die Feinheit der Localisation ist der Grösse jenes Fehlers umgekehrt proportional. Dieses Verfahren entspricht demnach vollständig der Methode der mittleren Fehler[2] bei der Intensitätsmessung. Im vorliegenden Fall führt aber dies unmittelbar zu einem kürzeren Verfahren, welches der Methode der eben merklichen Unterschiede analog ist. Will man nämlich an sich selbst die Stelle der Haut bestimmen, an der eine Berührung gefühlt wurde, so kann dies nur durch eigene Betastung geschehen. Dadurch entsteht eine zweite Tastempfindung, und unwillkürlich wird man nun so lange den berührenden Finger auf der Haut verschieben, bis die zweite der ersten Empfindung gleich geworden ist. Es liegt nahe, die Feststellung der Localisationsschärfe direct auf diese Vergleichung zu gründen, also zwei Eindrücke gleichzeitig oder rasch nach einander auf zwei benachbarte Stellen wirken zu lassen und dann diejenige Grenzdistanz aufzusuchen, bei welcher die Eindrücke eben noch als räumlich gesonderte aufgefasst werden. Letzteres Verfahren ist es, nach welchem E. H. Weber den von ihm so genannten Ortssinn der mensch-

---

[1] E. H. Weber, Sitzungsberichte der königl. sächs. Ges. der Wissensch. 1852. S. 87. Eine grössere Zahl von Versuchen haben nach diesem Verfahren unter Vierordt's Leitung Kottenkamp und Ullrich ausgeführt. (Zeitschr. f. Biologie VI. S. 45 f.)

[2] Vgl. S. 297.

lichen Haut untersucht hat[1]. Ueberträgt man die bei der Empfindungsmessung gebrauchten Ausdrücke auch auf die in der Raum- oder Zeitform zu Vorstellungen geordneten Empfindungen, so kann man allgemein jenen Grenzwerth, der die kleinste Raum- oder Zeitentfernung misst, in welcher Empfindungen noch von einander getrennt werden können, als extensive Schwelle bezeichnen, im Gegensatze zur intensiven Schwelle, welche die eben unterscheidbare Intensität der Empfindung bestimmt. Wir können dann aber die extensive Schwelle wieder unterscheiden in die Raumschwelle, um die es sich hier handelt, und die Zeitschwelle, auf deren Betrachtung wir später, bei der Untersuchung des zeitlichen Verlaufs der Vorstellungen, eingehen werden[2].

Zur Untersuchung der Raumschwelle des Tastsinns benützt man nach dem Vorbilde WEBER's einen Cirkel mit abgestumpften Spitzen, der, wenn man die Versuche an sich selbst ausführt, am besten mit einem Stiel versehen ist[3]. So lange die Entfernung der Cirkelspitzen unter der Raumschwelle bleibt, wird nur ein einziger Eindruck wahrgenommen; sobald sie jenen Grenzwerth überschreitet, fasst man beide Eindrücke als gesonderte auf. Die Raumschwelle lässt sich daher aus mehreren Probeversuchen als die Grenze zwischen der unmerklichen und der übermerklichen räumlichen Scheidung der Eindrücke feststellen. Die Grösse dieses Grenzwerthes variirt nach den Messungen WEBER's je nach der Hautstelle zwischen 1 und 68 Millimetern. Am feinsten ist die Unterscheidung an der Zungenspitze und an der Volarfläche der vordersten Fingerglieder, erheblich gröber an den übrigen Theilen der Hand, dem Gesichte, den Zehen u. s. w., am ungenauesten an Brust und Bauch, Rücken, Oberarm und Oberschenkel. Hat man die Grenze, wo die zwei gleichzeitig aufgesetzten Spitzen unterschieden werden, nahezu erreicht, so wird zwar kein doppelter Eindruck wahrgenommen, aber man bemerkt mehr oder weniger deutlich, in welcher Richtung, ob z. B. longitudinal oder transversal, die beiden Spitzen aufgesetzt worden sind. In diesem Fall hat man also offenbar von der Ausdehnung des Eindrucks eine bestimmte Vorstellung, aber man unterscheidet

---

[1] Annotationes anatomicae et physiologicae. Prol. VI—XI. 1829—31. Art. Tastsinn und Gemeingefühl, WAGNER's Handwörterbuch der Physiol. III. 2, S. 524 f.

[2] Der Ausdruck extensive Schwelle rührt von FECHNER her. Er hat ihn aber auf den Begriff der Raumschwelle beschränkt, da er die Untersuchung der zeitlichen Verhältnisse der Vorstellungen nicht in seine Untersuchungen aufnahm. Auch behandelt FECHNER die Auffassung in extensiver Form als eine unmittelbar der Empfindung zukommende Eigenschaft. (Elemente der Psychophysik I. S. 52, 267 f.)

[3] Gebraucht man, wie bei der unten zu erwähnenden Methode der richtigen und falschen Fälle, constante Distanzen, so ersetzt man zweckmässig, wie es KOTTENKAMP und ULLRICH gethan haben, den Cirkel durch zwei in ein Brett gesteckte Nadeln, deren Köpfe nun zur Berührung der Haut benutzt werden. Zeitschr. f. Biologie. VI. S. 38.)

noch nicht, dass zwischen den berührten Punkten ein freier Zwischenraum geblieben ist.

Mit der zuletzt erwähnten Thatsache steht jedenfalls die andere im Zusammenhang, dass die Raumschwelle bedeutend kleiner gefunden wird, wenn man die beiden Cirkelspitzen nicht gleichzeitig sondern successiv aufsetzt[1]. Um zwei gleichzeitige Eindrücke zu sondern, muss man nämlich wahrnehmen, dass zwischen den berührten Punkten ein freier Zwischenraum geblieben ist. Zwei successive Eindrücke werden aber auch dann noch als örtlich verschieden aufgefasst werden können, wenn der zwischen ihnen liegende Raum gross genug ist, dass die Eindrücke nicht in einen einzigen Punkt zusammenzufallen scheinen. Der wahre Werth der Raumschwelle entspricht eigentlich viel eher dieser letzteren Grenze als der räumlichen Trennung gleichzeitiger Eindrücke; aber da beide Grenzwerthe durchaus die nämlichen Unterschiede an den verschiedenen Hautstellen zeigen, so ist es ziemlich gleichgültig, welchen von ihnen man zum Maasse nimmt. In beiden Fällen haftet der Untersuchung die nämliche Unsicherheit an, welche die Methode der eben merklichen Unterschiede auch bei der Messung intensiver Empfindungsgrössen mit sich führt, und welche auf der Schwierigkeit beruht, das eben merkliche als Grenzwerth zwischen dem unter- und übermerklichen genau festzustellen. Man gewinnt auch hier etwas constantere Resultate, wenn man ein der Methode der richtigen und falschen Fälle nachgebildetes Verfahren benützt. Wird nämlich den Eindrücken eine constante Entfernung gegeben, welche aber kleiner als eben merklich ist, so werden dieselben in einer grösseren Zahl von Fällen bald richtig als zwei aufgefasst, bald aber in einen verschmolzen. Bestimmt man nun in vielen Versuchen das Verhältniss der richtigen zur Gesammtzahl der Fälle, so lässt sich daraus ein Maass der extensiven Unterschiedsempfindlichkeit entnehmen. Von verschiedenen Hautstellen, die bei einer und derselben Distanz verglichen werden, wird nämlich die Ortsempfindlichkeit derjenigen am feinsten sein, für welche sich das Verhältniss $\frac{r}{n}$ am meisten der Einheit nähert[2]. Doch erfordert dieses Verfahren in seiner Anwendung auf extensive Grössen noch eine besondere Modification. Liesse man nämlich immer zwei Eindrücke einwirken, so würde die Kenntniss dieses Umstandes das Urtheil beeinflussen. Es müssen daher im Wechsel mit den Hauptversuchen Vexirversuche angewandt werden, in denen nur ein Eindruck stattfindet, und die bei der Berechnung der Resultate hinwegbleiben[3].

Wir lassen einen Auszug aus der von Weber aus seinen Versuchen mitgetheilten Tabelle hier folgen. Die Zahlen bezeichnen die Distanzen zweier Cirkelspitzen, die eben unterschieden wurden, in Millimetern[4].

---

[1] E. H. Weber, prolectio VIII. p. 8. Czermak, Wiener Sitzungsber. Bd. 17. 1855. S. 582.

[2] Vgl. Cap. VIII. S. 298.

[3] In der hier angegebenen Weise ist die Methode der richtigen und falschen Fälle ebenfalls von Kottenkamp und Ullrich benützt worden. (Zeitschr. f. Biologie VI. 41 f.)

[4] E. H. Weber, annotationes anatom. VII. p. 4 sq. Art. Tastsinn S. 539. Von Weber sind die Resultate in Pariser Linien mitgetheilt; sie sind oben in Millim. umgerechnet und, wie bei Weber, abgerundet.

Zungenspitze	1
Volarseite des letzten Fingerglieds	2
Rother Rand der Lippen	5
Volarseite des 2ten. Dorsalseite des 3ten Fingerglieds	7
Nicht rother Theil der Lippen. Metacarpus des Daumens	9
Wange, Plantarseite des letzten Glieds der grossen Zehe	11
Rückenseite des 1sten Fingerglieds. Plantarseite des Mittelfussknochens der grossen Zehe	16
Haut am hinteren Theil des Jochbeins. Stirn	23
Handrücken	31
Kniescheibe und Umgegend	36
Kreuzbein, oberer und unterer Theil des Unterschenkels	40
Fussrücken, Nacken, Lenden- und untere Brustgegend	54
Mitte des Rückens, Mitte des Oberarms und Oberschenkels	68

E. H. Weber hat jeden Hautbezirk, innerhalb dessen eine räumliche Scheidung verschiedener Eindrücke nicht mehr möglich ist, einen Empfindungskreis genannt. Die ganze Oberfläche der Haut kann man sich nun aus einer Menge solcher Empfindungskreise bestehend denken, deren Grösse entsprechend der extensiven Reizschwelle an den verschiedenen Stellen der menschlichen Haut etwa zwischen einem und 68 Millimetern variirt. Doch darf man sich die Anordnung derselben nicht etwa so denken, dass sie einander einfach juxtaponirt seien. Denn in diesem Fall wären zwei Eindrücke, die an der Grenze zweier Kreise einwirkten, noch in grosser Nähe zu unterscheiden; zwei Eindrücke aber, die an die entferntesten Enden eines und desselben Kreises fielen, würden trotz der viel grösseren Entfernung verschmelzen. Solche sprungweise Aenderungen in der Fähigkeit der räumlichen Unterscheidung werden jedoch nicht beobachtet, sondern diese bleibt innerhalb eines gegebenen Hautbezirks im allgemeinen constant. Man muss daher annehmen, die einzelnen Empfindungskreise griffen dergestalt über einander, dass unendlich nahe der Grenzlinie eines ersten Kreises bereits die eines zweiten liege, u. s. w. (Fig. 100). Nun werden zwei Eindrücke allgemein so lange einfach empfunden werden, als die Distanz *a b*, die sie trennt, innerhalb eines Empfindungskreises gelegen ist. Sie werden dagegen von einander unterschieden werden, sobald sie um einen Zwischenraum *a c* von einander entfernt sind, der nicht mehr innerhalb eines einzigen Kreises Platz hat. Nicht an allen Stellen der Haut kann man den Empfindungskreisen eine wirklich kreisförmige Gestalt zuschreiben. Meistens sogar ist die Unterscheidungsfähigkeit in longitudinaler

Fig. 100.

und querer Richtung verschieden, und zwar in der letzteren feiner als in der ersteren [1]. Hier müssen also Flächenstücke von längsovaler Form angenommen werden. Alle diese Bezirke, welche Gestalt sie auch besitzen mögen, greifen aber, ähnlich wie dies in Fig. 100 für die horizontale Richtung dargestellt ist, in allen Richtungen über einander, so dass die Distanz von jedem Grenzpunkt eines Bezirks zum Grenzpunkt eines nächsten gegen die Grösse der Bezirke selber verschwindet.

Der Begriff des Empfindungskreises, wie er hier aufgestellt worden, ist bloss ein anderer Ausdruck für die Thatsache der räumlichen Schwelle und ihrer Grössenverschiedenheiten; über die in der Haut getroffenen Einrichtungen wird durch denselben noch gar nichts festgestellt. Ehe dies geschehen kann, müssen die verschiedenen Einflüsse erwogen sein, von denen die Ausdehnung der Empfindungskreise abhängt. Von diesen Einflüssen weisen aber die einen auf in der Organisation gegebene unveränderliche Structurbedingungen, die andern auf die Mitwirkung mehr variabler psychologischer Momente hin. Die Structurbedingungen für sich scheinen eine feste Vertheilung und Abgrenzung der Empfindungskreise zu fordern, die psychologischen Einflüsse dagegen suchen diese Anordnung fortwährend zu verschieben. In Wirklichkeit sind daher die Empfindungskreise nichts unveränderliches, aber ihre Veränderungen sind doch, vermöge der einmal gegebenen Organisationsverhältnisse, in gewisse, ziemlich enge Grenzen eingeschlossen.

Unter den Structurbedingungen stehen die Verhältnisse der Nervenvertheilung oben an. Je reicher ein Hautbezirk an sensibeln Nerven ist, die sich in ihm ausbreiten, um so feiner ist in ihm die Unterscheidung. Hauptsächlich die nervenreichsten Theile sind ausserdem mit Tastkörperchen und Endkolben versehen, jenen Polsterapparaten, durch welche die Nerven den Druckreizen leichter zugänglich gemacht zu sein scheinen [2]. Doch lässt sich zwischen diesen Endgebilden und der Feinheit der Localisation eine bestimmtere Beziehung nicht auffinden, da nicht nur Hauttheile, welche derselben ganz entbehren, trotzdem zur räumlichen Unterscheidung befähigt sind, sondern da ausserdem das Uebereinandergreifen der Empfindungskreise, wie es nothwendig vorausgesetzt werden muss, mit der Annahme von Tastorganen, welche einfach in gewissen Zwischenräumen neben einander gestellt wären, nicht vereinbar scheint. Auch die Verhältnisse der räumlichen Ordnung der Tastempfindungen weisen daher auf die Vorstellung hin, dass hier die Nervenfasern selber die auf sie einwirkenden Druck- und Wärmereize empfinden [3]. Die übrigen Structurverhältnisse der

1) Weber, annotationes anat. Prol. VII.
2) S. 338.
3) Vergl. S. 388.

Haut, welche die Empfindlichkeit derselben wesentlich bestimmen, wie namentlich die Dicke der Oberhaut, üben auf die Feinheit der Localisation keinen directen Einfluss aus. Hautstellen, welche, wie Rücken und Wangen, wegen der Zartheit ihrer Oberhaut gegen schwache Reize sehr empfindlich sind, besitzen Empfindungskreise von bedeutender Grösse. Als unmittelbare Folge der Abhängigkeit von der Nervenvertheilung ist aber jedenfalls der Einfluss des Körperwachsthums auf die Feinheit der Localisation zu betrachten. Bei Kindern sind, wie CZERMAK gefunden hat, die Empfindungskreise viel kleiner als bei Erwachsenen. Da nun die ganze Zahl der Nervenfasern während des Wachsthums wahrscheinlich nicht oder wenigstens nicht erheblich sich ändert, so muss, je mehr durch das Wachsthum die Körperoberfläche zunimmt, der einer gegebenen Zahl von Fasern entsprechende Hautbezirk vergrössert werden. Es muss ungefähr der nämliche Erfolg eintreten, den man bei der Dehnung der Haut, z. B. in der Schwangerschaft oder beim Druck von Geschwülsten, beobachtet: auch in den letzteren Fällen vermindert sich aber die Feinheit der Ortsunterscheidung[1]. Die Vergrösserung der Empfindungskreise während des Wachsthums lässt sich demnach als eine einfache Folge der dabei stattfindenden Ausdehnung der Hautoberfläche betrachten[2]. Auch die oben hervorgehobene Beobachtung, dass an den meisten Stellen des Körpers die in querer Richtung stattfindenden Eindrücke deutlicher als in longitudinaler unterschieden werden, dürfte auf dieselbe Ursache zu beziehen sein. Fast an allen Theilen des menschlichen Körpers, namentlich aber am Rumpf und den Extremitäten, überwiegt nämlich das Längenwachsthum die Zunahme in den anderen Durchmessern[3]. Stellen wir uns demnach vor, die Empfindungsbezirke seien ursprünglich wirkliche Kreise, so müssen dieselben in Folge des Wachsthums in eine längsovale Form übergehen.

Gegenüber diesen im allgemeinen gleichförmigen Organisationsbedin-

---

1) CZERMAK, Wiener Sitzungsber. Bd. 15. 1855. S. 466, 487. Es ist jedoch möglich, dass in diesen letzteren Fällen, namentlich wenn die Dehnung der Haut ziemlich rasch erfolgt, auch die fortwährend mit Empfindung verbundene Zerrung die Localisation beeinträchtigt.

2) CZERMAK selbst hat den Zweifel angeregt, ob nicht noch andere Einflüsse während des Wachsthums im selben Sinne wirksam seien. Als er nämlich seine eigenen Beobachtungen an Kindern mit WEBER's Messungen an Erwachsenen verglich, fand er die Zunahme der Empfindungskreise viel grösser, als durch die blosse Zunahme der Hautoberfläche zu erklären war. Aber hierbei ist zu berücksichtigen, dass bei der Feststellung solcher Werthe wie eben merklicher Empfindungs- oder Distanzunterschiede die Gewohnheit des Beobachters sehr in Betracht kommt, so dass die Resultate zweier Beobachter nicht unmittelbar zu vergleichen sind, namentlich dann nicht, wenn der Erste (WEBER) die Versuche vorzugsweise an sich selber, der Zweite (CZERMAK) an anderen Individuen angestellt hat. In der That hat nun auch CZERMAK bei späteren Versuchen an Erwachsenen durchschnittlich kleinere Werthe als WEBER erhalten. (MOLESCHOTT's Untersuchungen. I. S. 202.)

3) Vergl. die Tabellen bei HARLESS, Lehrbuch der plastischen Anatomie. Abtheilung III. S. 192 f.

gungen machen sich nun in mehr veränderlicher Weise andere Einflüsse geltend, die auf eine Mitwirkung psychologischer Factoren hinweisen. Zunächst kommt hier, noch theilweise hinüberreichend in das Gebiet physiologischer Vorbedingungen, der Einfluss der Bewegungen in Betracht. Je vielseitiger und feiner die Bewegung eines Körpertheils ist, um so genauer geschieht die Localisation. Diese ist daher am unvollkommensten auf jenen grossen Flächen des Rumpfes, die keine Bewegung der Theile gegen einander zulassen, und unter den Abtheilungen der Extremitäten an den längsten, dem Oberschenkel und Oberarm: sie ist am feinsten an den ausserordentlich beweglichen Finger- und Zehengliedern, und zwar an der Volarfläche, die vorzugsweise bei den Bewegungen zum Betasten der Gegenstände benützt wird. Schon dieser letzterwähnte Punkt weist aber auf Miteinflüsse hin, die es sehr unwahrscheinlich machen, dass zwischen der Beweglichkeit der Theile und der Feinheit der Ortsunterscheidung, abgesehen von dieser allgemeinen Abhängigkeit, irgend eine festere Beziehung aufzufinden sei [1]. Dagegen beruht es wohl auf derselben Ursache, dass, wenn man zwei gegen einander bewegliche Körpertheile, z. B. die beiden Lippen oder die Haut an den beiden Grenzen eines Gelenkes, berührt, eine sehr kleine Distanz noch erkannt werden kann [2].

Mit der Bewegung hängt der Einfluss der Uebung so nahe zusammen, dass beide kaum von einander zu sondern sind. Denn die Uebung wird hauptsächlich durch fortwährende Tastbewegungen gefördert, und unbewegliche Theile sind der Uebung fast ganz unzugänglich. So beobachtet man denn auch, dass bei Blinden, deren Unterscheidung mittelst der Haut oft ausserordentlich fein ist, doch hauptsächlich die beweglicheren tastenden Glieder an dieser Vervollkommnung theilnehmen; auch wird bei ihnen

---

[1] Vierordt hat geglaubt eine solche Beziehung nachweisen zu können, die nach ihm zu dem Gesetz formulirt werden kann, dass die Feinheit der Ortsunterscheidung proportional sei dem mittleren Abstand eines Hautbezirks von der Drehungsaxe, um welche der betreffende Körpertheil bewegt wird (Pflüger's Archiv II. S. 297). Am meisten scheinen die Verhältnisse an der oberen Extremität dieser Regel zu entsprechen (Zeitschrift f. Biologie VI. S. 53). Hier zeigen nach den von Kottenkamp und Ullrich ausgeführten Versuchen die einzelnen Abtheilungen, Oberarm, Vorderarm, Hand, Finger, in der Richtung von der Schulter gegen die Fingerspitze eine ununterbrochene Zunahme in der Feinheit der Unterscheidung; aber diese erfährt ausserdem an jeder weiteren Gelenkaxe, Ellbogen, Hand- und Fingergelenken, eine plötzliche Zunahme. Ferner sind an der Beugeseite des Glieds, vermuthlich wegen der mannigfachen beim Tasten stattfindenden Miteinflüsse, die Beziehungen zwischen der Bewegungsgrösse der Theile und der Genauigkeit ihrer Localisation weniger deutlich. An der unteren Extremität endlich kamen Vierordt und Paulus (Zeitschr. f. Biologie VII. S. 237) zu Resultaten, die überhaupt mit dem erwähnten Satze nicht mehr vereinbar sind. Am Oberschenkel nimmt die Feinheit der Localisation gegen das Knie hin zu: am Unterschenkel sinkt sie vom Knie bis zur Mitte, um gegen den Fuss abermals anzusteigen. Am Fuss wächst die Unterscheidungsfähigkeit wieder mit der Annäherung an die Zehen.

[2] Weber, annot. anat. Prolectio X. p. 7.

stets durch prüfende Tastbewegungen der Gefühlssinn unterstützt[1]). Besonders schlagend bezeugen die Entwicklungsfähigkeit des Tastsinnes die seltenen Fälle der Blindgeborenen oder in frühester Lebenszeit Erblindeten. Hier, wo die räumliche Anschauung vollständig in den Tast- und Bewegungsvorstellungen aufgeht, wo zuweilen, wie in dem Fall der Laura Bridgeman und anderer blinder Taubstummer, noch andere Sinnesmängel sich hinzugesellen, so dass die sinnliche Auffassung fast ganz dem allgemeinen Gefühlssinne zufällt, kann sich dennoch ein verhältnissmässig reiches Vorstellungsleben entwickeln, das sich neue und eigenthümliche Mittel des Ausdrucks schafft. Von der Form, in der solchen Unglücklichen die Welt erscheint, kann sich der Mensch, der im Vollbesitz seiner Sinne steht, freilich kaum ein anschauliches Bild machen[2]).

Entsprechend dem Einflusse der Uebung ist die Grösse der Empfindungskreise, bei völlig constant erhaltenen Wachsthums- und sonstigen Organisationsbedingungen, keine unveränderliche. Das Tastorgan fast aller Menschen befindet sich in einem Zustande, in welchem die Genauigkeit der Localisation durch Uebung geschärft werden kann. Aber diese Fähigkeit der Weiterentwicklung ist wieder an den einzelnen Hautstellen eine verschiedene. Je grösser die bereits erworbene Vollkommenheit ist, um so weniger ist eine weitere Vervollkommnung möglich. So fand Volkmann, dass an der von Natur wenig geübten Haut des Ober- und Unterarms der Erfolg der absichtlichen Uebung weit bedeutender war als an der Volarseite der Fingerglieder. Auch bei verschiedenen Individuen wechselt der Einfluss der Uebung sowie die Geschwindigkeit, mit der sie sich geltend macht. Doch ist meist schon nach Versuchen von wenigen Stunden ein Grenzpunkt erreicht, der, wie es scheint, nicht mehr überschritten wird, weil die Vortheile der Uebung fast ebenso schnell wieder verloren gehen, als sie entstanden sind[3]). Auch wirkt, wenn man die Beobachtungen lange Zeit fortsetzt, die Ermüdung, die zum Theil in einer physiologischen Abstumpfung des Tastorgans, namentlich aber in der Abnahme der Aufmerksamkeit zu bestehen pflegt, den Einflüssen der Uebung entgegen[4]).

---

[1] Czermak, Wiener Sitzungsber. Bd. 15. S. 482. Goltz, de spatii sensu cutis. Dissert. Königsberg 1858.

[2] Laura Bridgeman, taubstumm geboren, erblindete zu Ende ihres zweiten Lebensjahres und verlor bald darauf in Folge einer Eiterung Geruch und Geschmack fast ganz. In einer Blindenanstalt erzogen, erwarb sie sich nach den Berichten ihrer Lehrer und Besucher eine feine Bildung und die verschiedenartigsten Kenntnisse, in denen sie bei hervorragender Begabung und hoher Wissbegierde rasche Fortschritte machte. Obgleich sie, in dem Blindenasyl zu Massachussetts erzogen, die Wortsprache erlernte, so dachte und träumte sie doch nach der Mittheilung ihres Erziehers Dr. Howe fortwährend in der Fingersprache. Man vergleiche über diesen und ähnliche Fälle Burdach, Blicke in's Leben III, S. 12 f., sowie die ebend. S. 301 angeführte Literatur.

[3] Volkmann, Sitzungsberichte der Leipziger Gesellsch. 1858. S. 38 f.

[4] Wundt, Beiträge zur Theorie der Sinneswahrnehmung, S. 37 f.

Uebrigens wirkt die letztere, wie VOLKMANN fand, nicht nur auf die direct von den Tastreizen getroffene Hautstelle, sondern immer auch gleichzeitig auf die symmetrische Stelle der andern Körperhälfte, welche in völlig gleichem Maasse an dem Erfolg Theil nimmt, während sich dagegen auf asymmetrische Theile beider Seiten oder auf verschiedenartige einer Seite nur in sehr geringem Maasse dieser Einfluss erstreckt; am meisten ist ein solcher noch an benachbarten Stellen zu erkennen. So gewinnen z. B. durch die Uebung eines Fingers auch die andern Finger der nämlichen Seite.

Mit den Wirkungen der Uebung stehen endlich jene Einflüsse in nahem Zusammenhange, welche die veränderte Erregbarkeit der sensibeln Nerven, mag eine solche nun in dem peripherischen Verbreitungsgebiet oder innerhalb der centralen Leitungsbahnen stattfinden, ausübt. Eine verminderte Empfindlichkeit der Haut, wie sie bei einem Druck auf die Hautnerven, z. B. beim sogenannten Eingeschlafensein der Glieder, oder bei der localen Anwendung anästhetischer Mittel, Aether, Chloroform u. s. w., beobachtet wird, ist stets mit einer Abstumpfung der Unterscheidungsfähigkeit verbunden. Dasselbe beobachtet man bei Rückenmarks- und Hirnaffectionen, welche theilweise Anästhesie der Haut im Gefolge haben [1]. Bei mässiger Abnahme der Empfindlichkeit besitzen nur die Empfindungskreise einen grösseren Umfang als im normalen Zustand, bei höheren Graden der Anästhesie finden meistens zugleich mehr oder weniger bedeutende Täuschungen über den Ort der Berührung statt. Namentlich beobachtet man, dass Eindrücke, die eine krankhaft unempfindliche Hautstelle treffen, an einen Ort verlegt werden, der im gesunden Zustand von geringerer Empfindlichkeit ist. Ein Patient z. B., der an Anästhesie der unteren Extremitäten leidet, kann Eindrücke auf den Unterschenkel oder Fuss an den Oberschenkel verlegen, u. dgl. [2].

Für die Erklärung der Tastvorstellungen bietet sich ein doppelter Ausgangspunkt. Man kann entweder auf die ursprünglichen Ein-

---

[1] BROWN-SÉQUARD hat in mehreren Fällen von Hyperästhesie, namentlich bei Heerderkrankungen in den Hirnschenkeln und im Pons, gefunden, dass die Patienten geneigt waren die Eindrücke zu vervielfältigen, also z. B. drei statt zwei Berührungen zu empfinden (Archives de physiol. I, p. 461). Ich habe die nämliche Erscheinung auch bei Hyperästhesie in Folge von Rückenmarkserkrankungen sowie bei einem Patienten nach der Darreichung kleiner Dosen von Strychnin beobachtet. Sie beruht vermuthlich darauf, dass solche Kranke leicht ihre subjectiven Empfindungen mit dem äusseren Eindruck vermengen. Daraus mit BROWN-SÉQUARD auf eine Neubildung centraler Ganglienzellen zu schliessen, ist denn doch eine allzu kühne Vermuthung. Uebrigens fanden KOTTENKAMP und ULLRICH bei Vexirversuchen, dass auch normale Individuen zuweilen zwei Eindrücke statt eines zu fühlen glauben.

[2] WUNDT, Beiträge zur Theorie der Sinneswahrnehmung, S. 47.

richtungen das Hauptgewicht legen, wie sie sich in dem Einfluss des Nervenreichthums und der Wachsthumsverhältnisse der Haut zu erkennen geben. Oder man kann vorzugsweise die Bewegung der Theile. die Uebung und die Abstumpfung der Empfindlichkeit, Einflüsse, welche die räumliche Unterscheidung als eine mehr variable, von psychologischen Motiven abhängige Function erscheinen lassen, berücksichtigen. Der erste Standpunkt führt zu der Ansicht, dass die Ordnung der Tastempfindungen in den beständigen Einrichtungen der Organisation ihren Grund habe, womit sich dann leicht die Auffassung verbindet, sie sei mit dieser Organisation ursprünglich gegeben, also angeboren. Man hat daher diese Theorie als die nativistische bezeichnet[1]. Der zweite Standpunkt führt zu der Annahme einer psychologischen Entwicklung, wir wollen diese Ansicht im allgemeinen die genetische nennen. Wird bei der letzteren der Einfluss der Uebung besonders betont, so führt dies leicht dahin, die Tastvorstellung als ein Product der Erfahrung zu betrachten. So gelangt man zur gewöhnlichen Form der genetischen Theorie, der empiristischen. Nach der nativistischen Ansicht sind die Empfindungskreise in den anatomischen Einrichtungen des Tastorgans unveränderlich begründet. Jedem Empfindungskreis entspricht, so wird in der Regel angenommen, eine einzige Nervenfaser, welche als solche ein einziges Raumelement im Sensorium repräsentirt. Nach der empiristischen Theorie stehen die Empfindungskreise in gar keiner directen Beziehung zur physiologischen Organisation, sondern sie sind nur ein Ausdruck für die jeweils vorhandene Feinheit der räumlichen Unterscheidung, welche lediglich durch die Erfahrung bestimmt wird. Mit der durch die letztere gewonnenen Ausbildung wechselt daher der Durchmesser der Empfindungskreise.

Aber keine dieser beiden Ansichten ist ausreichend. Der Nativismus hat Recht, wenn er bestimmte ursprüngliche Einrichtungen für unerlässlich hält; wir wären genöthigt sie vorauszusetzen, selbst wenn die Einflüsse der Structurbedingungen, die auf sie hindeuten, nicht nachgewiesen wären. Ebenso lässt sich geltend machen, dass alle Schwankungen durch Erfahrungseinflüsse sich innerhalb ziemlich enger Schranken bewegen, und dass die Feinheit der Localisation durch noch so viel Erfahrung und Uebung nicht über eine gewisse Grenze hinaus geschärft werden kann, welche, da sie für die verschiedenen Stellen des Tastorgans variabel ist, doch wohl in Bedingungen der physischen Organisation ihre Ursache haben wird. Aber es ist ein übereilter Schluss, wenn der Nativismus, weil jene Bedingungen angeborene sind, nun auch die räumliche Tastvorstellung selbst für ursprünglich ansieht. Dem Empirismus hinwiederum kann nicht wider-

[1] Helmholtz, physiol. Optik, S. 435.

sprochen werden, wenn er der Erfahrung einen maassgebenden Einfluss zuschreibt. Aber damit ist nicht bewiesen, dass die Tastvorstellung selbst aus der Erfahrung entspringt. Denn Erfahrung und Uebung können erst ihre Hebel ansetzen, wenn eine räumliche Vorstellung schon gegeben ist. Will man endlich zwischen beiden Ansichten so vermitteln, dass man zwar eine bestimmte Localisation für ursprünglich gegeben hält, dann aber der Erfahrung einen verändernden Einfluss zugesteht, so ist der Fehler des Nativismus, mit der physiologischen Bedingung auch ihre psychologische Folgeerscheinung gesetzt zu haben, nicht vermieden, und es ist ausserdem der neue Fehler begangen, dass man eine fest gegebene Raumvorstellung annimmt und dieselbe doch für bestimmbar durch Erfahrungseinflüsse ansieht. Nimmt man aber seine Zuflucht zu einer völlig unbestimmten Localisation, die ihre Beziehung auf den wirklichen Raum erst von der Erfahrung erwartet, so steht dies im Widerspruch mit dem Begriff der Localisation als der Beziehung auf einen bestimmten Ort im Raume. Hierdurch werden wir von selbst auf den entscheidenden Punkt hingeführt, welchen Nativismus und Empirismus beide verfehlen. Die Theorie der Tastvorstellungen hat zu erklären, wie aus den gegebenen Organisationsbedingungen die räumliche Ordnung der Tastempfindungen nach psychologischen Gesetzen entsteht. Durch diese Form der genetischen Theorie haben einerseits die Einflüsse der Structur ihr Recht erhalten, und ist anderseits die Grundlage gegeben, auf welcher Erfahrung und Uebung weiter bauen können.

Alle Beobachtungen weisen uns nun auf die Bewegung als den für die Tastwahrnehmung neben den Gefühlsempfindungen der Haut nächst wesentlichen Factor hin. Schon die Sprache begreift unter dem Ausdruck des Tastens zugleich die Bewegung der empfindenden Theile. Nach der Beweglichkeit der letzteren richtet sich durchweg die Feinheit der Localisation. Fehler derselben werden mittelst tastender Bewegungen verbessert; Entfernungen, die das ruhende Tastorgan nicht erkennt, werden mit dem bewegten deutlich aufgefasst; bei der Uebung endlich kommt den Bewegungen eine wichtige Rolle zu. Als Zeugniss für die selbständige Entwicklung des Tastorgans mittelst seiner Bewegungen ist es ausserdem wichtig, dass die Wahrnehmung der tastenden oder betasteten Hautstellen durch das Gesicht auf die Feinheit der Unterscheidung keinen merkbaren Einfluss übt, denn an jenen Hautstellen, welche gesehen werden können, sind die Empfindungskreise im allgemeinen nicht kleiner als an denjenigen, welche dem Auge verborgen sind [1].

Ihren Einfluss auf die Tastvorstellungen können die Bewegungen nur

---

[1] E. H. WEBER, annotat. anat. Prol. X. p. 5.

mittelst der an die motorische Innervation geknüpften Empfindungen ausüben. Mit den Tastempfindungen können nun die Innervationsgefühle in dreifacher Weise combinirt sein. Erstens werden sich, indem wir unser Tastorgan an den Gegenständen hinbewegen und so successiv von einander entfernte Punkte berühren, mit einer und derselben Tastempfindung Innervationsgefühle verschiedenen Grades verbinden. Zweitens können wir unser eigenes Tastorgan betasten, wo Bewegungs- und Tastempfindung im allgemeinen auf verschiedene Theile fallen; und drittens entstehen beide Empfindungen im Vereine, wenn wir einfach unsere Glieder bewegen, in Folge der von den letzteren auf einander ausgeübten Dehnungen und Pressungen. Es lässt sich vermuthen, dass diese dritte Verbindung vorzugsweise für die erste Ausbildung der Vorstellungen, die erste für die weitere Vervollkommnung der räumlichen Unterscheidungen von Bedeutung sein wird. Mehr zurücktreten dürfte die zweite, da bei der wechselseitigen Betastung der Glieder am wenigsten zur Bildung eines constanten Zusammenhanges beider Empfindungen Veranlassung gegeben ist, indem wir bei einer und derselben Muskelanstrengung sehr verschiedene Theile unseres Körpers tastend berühren können. Am innigsten ist offenbar die Verbindung derjenigen Empfindungen, welche sich bei der Bewegung begleiten. Mit der Bewegung irgend eines Körpertheils sind die von den Pressungen der Gewebe herrührenden Tastempfindungen desselben Theils unabänderlich verknüpft, und die Stärkegrade der Bewegungs- und Tastempfindung stehen hierbei in constantem Verhältniss. So geht denn aus dieser Combination wahrscheinlich die ursprünglichste räumliche Auffassung hervor, die *Unterscheidung unserer Körpertheile in Bezug auf ihre Lage im Raume*. Je grösser die Beweglichkeit der Theile gegen einander ist, um so schärfer werden dieselben von einander gesondert werden können. Hiermit ist für die durchgängige Abhängigkeit der Feinheit räumlicher Unterscheidung von der Beweglichkeit der Organe wenigstens die erste Grundlage gegeben.

Die Unterschiede der Tastempfindung, an welchen die einzelnen tastenden Körpertheile erkannt werden können, sind zweifellos *qualitativer* Art. Wenn wir unsern Arm bewegen, so ist, auch bei gleicher Bewegungsanstrengung, die Empfindung eine qualitativ andere, als wenn wir unsern Fuss oder unsern Kopf bewegen. Wir sind allerdings nicht im Stande, über die hier vorliegenden Differenzen uns bestimmte Rechenschaft zu geben, da wir sie eben lediglich zur örtlichen Unterscheidung benützen und darüber das Motiv, das zu derselben geführt hat, vernachlässigen. Aber wenn die Tastempfindung der einzelnen Theile nicht gewisse Unterschiede darböte, so wäre nicht abzusehen, wie wir zu jener Unterscheidung jemals gelangen sollten. Auch spricht die Erfahrung, dass bei aufgehobener

Sensibilität der Haut die Vorstellung von der Lage unserer Glieder im Raume erheblich beeinträchtigt ist[1]), für den Einfluss der Tastempfindungen und gegen denjenigen der Innervationsgefühle, die vermöge ihres centralen Ursprungs wahrscheinlich solche Unterschiede ausschliessen, wie sie an die peripherischen Hautstellen wegen ihrer wechselnden Structurbedingungen gebunden sind. Wir werden also darauf geführt, eine **locale Färbung** der Tastempfindungen vorauszusetzen, welche sich über die ganze Hautoberfläche stetig verändert, und welche in ihrer Verschiedenheit das Motiv zur ersten Unterscheidung der tastenden Glieder mit sich führt. Die einer jeden Hautstelle zukommende locale Färbung nennen wir, einen von Lotze[2]) in allgemeinerem Sinne eingeführten Ausdruck benützend, das **Localzeichen** derselben. Wir nehmen also an, dass jeder Hautstelle ein bestimmtes Localzeichen zukommt, welches in einer vom Ort des Eindrucks abhängigen Qualität der Empfindung besteht, die zu der durch die wechselnde Beschaffenheit des äussern Eindrucks bedingten Qualität und Intensität der Empfindung hinzutritt. Die Qualität des Localzeichens ändert sich stetig von einem Punkt der Hautoberfläche zum andern, so aber, dass wir erst in gewissen grösseren Abständen die Verschiedenheit auffassen können. Mit der Stärke des äussern Eindrucks nimmt bis zu einer gewissen Grenze die Deutlichkeit des Localzeichens zu, da wir sehr schwache Eindrücke unvollkommener localisiren als solche von etwas grösserer Stärke[3]). Mit der Annäherung an die Schmerzgrenze scheint seine Deutlichkeit abermals abzunehmen, denn den Schmerz beziehen wir wieder unvollkommener als Reize von mässiger Intensität auf einen Ort, offenbar weil auch das Localzeichen in der qualitativen Einförmigkeit der Schmerzempfindung aufgeht. Die Localzeichen werden zunächst an die Tastempfindungen der Hautoberfläche gebunden sein; doch mögen auch die unter der Haut gelegenen von sensibeln Nerven versorgten Weichtheile sich an denselben betheiligen. Die Geschwindigkeit, mit welcher sich diese Zeichen an den verschiedenen Stellen des Körpers ändern, ist jedenfalls eine sehr wechselnde. Die Grösse der Empfindungskreise gibt hierfür einen gewissen Maassstab. Wegen der meist längsovalen Gestalt dieser Bezirke werden sich in der Regel die Localzeichen in der Längenrichtung der Theile langsamer als in der queren Richtung verändern, und im übrigen wird zwar die Geschwindigkeit ihrer Abstufung ausserordentlich variiren, doch wahrscheinlich nicht in so hohem Grade, als die gewöhnlichen Unterschiede im Durchmesser der Empfindungskreise erwarten lassen, da diese Unterschiede durch die Uebung zum

---

[1]) S. 214.

[2]) Medicinische Psychologie, S. 331.

[3]) Wundt, Beiträge zur Theorie der Sinneswahrnehmung, S. 44.

Theil ausgeglichen werden. Schliesslich wird vorauszusetzen sein, dass für symmetrische Stellen beider Körperhälften die Localzeichen zwar sehr ähnlich, aber nicht identisch sind. Für ihre Aehnlichkeit sprechen, abgesehen von der Erwägung, dass übereinstimmende Structurverhältnisse des Tastorgans auch eine übereinstimmende Beschaffenheit der Empfindung mit sich führen müssen, namentlich die Beobachtungen über die unwillkürliche Mitübung der correspondirenden Theile einer Seite, wenn die andere durch Uebung vervollkommnet wurde. Ebenso werden auf derselben Seite für Theile von analoger Structur, z. B. für je zwei Finger, wo gleichfalls in einem gewissen Grade Mitübung stattfindet, die Localzeichen ähnlich sein. Dass aber bei allem dem eine gewisse Verschiedenheit der letzteren in symmetrischen und verwandten Theilen besteht, schliessen wir theils aus der thatsächlichen Unterscheidung derselben, theils aus den Differenzen der Structur, die bei noch so grosser Aehnlichkeit immerhin vorkommen. Namentlich dürfte in dieser Beziehung ins Gewicht fallen, dass durch die ungleiche Ausbildung und Uebung der Muskeln beider Körperhälften sich in den Localzeichen der tieferen Theile erheblichere Unterschiede entwickeln werden.

Die aus der eigenen Bewegung entsprungene räumliche Unterscheidung muss in Folge der Betastung äusserer Objecte wesentlich vervollkommnet werden. Hier wirken die Localzeichen und die bei der Bewegung entstehenden Empfindungen zusammen, um die Raumverhältnisse der Gegenstände festzustellen. Es können daher Täuschungen über die Beschaffenheit derselben entstehen, sobald wir den Tastorganen ein ungewohntes Lageverhältniss geben. Wenn man z. B. Mittel- und Zeigefinger kreuzt und dann mit deren einander zugekehrten Flächen eine kleine Kugel berührt, so glaubt man zwei Kugeln zu fühlen. Hierbei sind wir uns zwar der gekreuzten Lage der Finger bewusst. Aber da wir diese Lage bei der gewöhnlichen Betastung der Objecte niemals wählen, so wissen wir mit derselben die Tastempfindungen nicht in Einklang zu bringen und legen nun die letzteren so aus, wie es der normalen Stellung der tastenden Finger entsprechen würde[1]).

Nach allgemeinen psychologischen Gesetzen verschmelzen verschiedene Empfindungen, die häufig verbunden gewesen sind, dergestalt mit einander, dass in solchen Fällen, wo nur ein Theil derselben unmittelbar durch äussere oder innere Reize wachgerufen wird, doch auch die andern durch Reproduction sich hinzugesellen; nur besitzen diese reproducirten Bestandtheile meistens eine geringere Stärke[2]). Diese Regel findet auch auf unsere

1) E. H. Weber, Art. Tastsinn. S. 542.
2) Vergl. Cap. XV u. XIX.

Tastorgane ihre Anwendung. Hier verschmelzen die Tastempfindungen und Innervationsgefühle zu untrennbaren Bestandtheilen. Indem wir unsern Arm bewegen wollen, gesellt sich, noch bevor die Bewegung wirklich ausgeführt wird, zu dem Innervationsgefühl schon das blasse Reproductionsbild der Tastempfindungen, welche die Bewegung begleiten werden. So kommt es, dass unmittelbar mit der motorischen Innervation sich die Vorstellung des bewegten Körpertheils und sogar eine unbestimmte Vorstellung der Bewegung, welche derselbe ausführen wird, verbindet. Wir kennen in der That weder Tastempfindungen noch Innervationsgefühle in ihrem vollkommen isolirten Bestehen. Wo die einen oder andern für sich sind, da werden sie immer durch Reproduction zu einem Empfindungscomplexe ergänzt, der die räumliche Anschauung bereits mit sich führt. Daran kann also nie gedacht werden, die Elemente dieser Anschauung in ihrer ursprünglichen Natur zu beobachten.

Die Localzeichen des Tastsinns bilden ein Continuum von zwei Dimensionen, welches damit die Möglichkeit enthält, die Vorstellung einer Fläche zu entwickeln. Aber das Continuum der Localzeichen enthält an und für sich noch nichts von der Raumvorstellung. Wir nehmen daher an, dass diese erst durch die Rückbeziehung auf das einfache Continuum der Innervationsgefühle entsteht. Die letzteren in ihrer bloss intensiven Abstufung geben für die beiden Dimensionen der Localzeichen ein gleichförmiges Maass ab und vermitteln so die Anschauung einer stetigen Mannigfaltigkeit, deren Dimensionen einander gleichartig sind. Die Form der Fläche, in welche die Localzeichen geordnet werden, ist zunächst völlig unbestimmt. Sie wechselt mit der Form der betasteten Oberfläche. Durch die Bewegungsgesetze der Gliedmassen sind aber solche Lageänderungen bevorzugt, bei welchen sich das Tastorgan geradlinig den Gegenständen entgegen oder an ihnen hinbewegt. Indem so die Gerade zum bestimmenden Element des Tastraumes wird, erhält der letztere die Form eines ebenen Raumes, in welchem die in ihrer Krümmung wechselnden Flächen, die wir durch Betastung wahrnehmen, auf drei Dimensionen zurückgeführt werden müssen [1]).

Die eigenthümliche Verbindung peripherischer Sinnesempfindungen und centraler Innervationsgefühle, welche hier die räumliche Ordnung der ersteren hervorbringt, wollen wir als eine psychische Synthese bezeichnen. Denn die herkömmlichen Bedeutungen des Begriffs der Synthese enthalten meistens die Beziehung auf neue Eigenschaften eines Productes, die in seinen Bestandtheilen noch nicht vorhanden waren. Wie im synthetischen Urtheil dem Subject ein neues Prädicat beigelegt wird, und wie

---

[1]) Vergl. hierzu Cap. XVI.

bei der chemischen Synthese aus gewissen Elementen eine Verbindung mit neuen Eigenschaften entsteht: so liefert auch die psychische Synthese als neues Product die räumliche Ordnung der in sie eingehenden Empfindungen. Diejenigen Bestandtheile der Empfindungen, aus denen diese Ordnung entspringt, lassen daher erst durch eine psychologische Analyse sich nachweisen. Die letztere kann aber auf die Elemente der räumlichen Vorstellung, da dieselben, wie oben bemerkt, nie isolirt vorkommen, nur aus den Veränderungen zurückschliessen, welche die Empfindungscomplexe, deren Bestandtheile sie bilden, unter verschiedenen Bedingungen erfahren. Nach dieser Methode ausgeführt erweist eben die Analyse Tastempfindungen und Innervationsgefühle als Elemente der Tastvorstellung.

Indem die psychologische Analyse die genannten Elemente auffindet, führt sie damit zugleich auf bestimmte physiologische Bedingungen, welche dem synthetischen Process vorausgehen. Es muss nämlich 1) den Bewegungsempfindungen die Eigenschaft zukommen zur Abmessung bei der Transformation des ungleichartigen in ein gleichartiges Continuum dienen zu können; sodann muss 2) das Tastorgan für die Ausbildung und Abstufung der Localzeichen die erforderlichen Anlagen der Structur besitzen; und endlich wird 3) nach physiologischen Vorbedingungen zu suchen sein, welche den Act der Synthese selbst vermitteln helfen. Was den ersten dieser Punkte betrifft, so gibt es in der That nur eine Classe von Empfindungen, nämlich eben die Innervationsgefühle, welche als absolut gleichartiger Maassstab dienen können. Sie allein sind nicht von den wechselnden Bedingungen peripherischer oder unserer genauen Bestimmung entzogener centraler Reize abhängig, sondern einzig und allein an die centrale motorische Innervation gebunden. Hierdurch haben diese Empfindungen wie gar keine anderen die Eigenschaft qualitativer Gleichartigkeit bei feiner intensiver Abstufung. Zweifelhafter kann man darüber sein, aus welchen Eigenthümlichkeiten des Tastorgans sich die Localzeichen ableiten lassen. So können Structurverschiedenheiten der nicht-nervösen Hautbestandtheile und der subcutanen Gewebe möglicher Weise eine locale Färbung der Empfindungen mitbedingen. Aber von grösserem Gewicht scheinen doch die Verhältnisse der Nervenvertheilung. Es wurde schon hervorgehoben, dass die feiner localisirenden Theile reicher an Nerven sind. Nun ist es nicht wahrscheinlich, dass etwa an jede Nervenfaser an und für sich schon ein Localzeichen gebunden sei, da dies auf die Vorstellung einer specifischen Verschiedenheit zurückführen würde. Dagegen ist es wohl denkbar, dass eine Hautstelle, in der zahlreichere Fibrillen sich verzweigen, eben desshalb eine qualitativ etwas andere Empfindung vermittelt, als eine solche, in der nur wenige sich ausbreiten. Folgt man dieser Vorstellung, so wird die Feinheit der Localisation nicht sowohl von der absoluten Zahl der Nervenfasern, als vielmehr von der Geschwindigkeit abhängen, mit welcher von einer Stelle zur andern die Zahl der Fibrillen sich ändert. Diese Aenderung geschieht aber an den nervenreichsten Theilen am schnellsten. Einen Empfindungskreis werden wir nun einen solchen Hautbezirk nennen, in welchem die Nervenausbreitung so gleichförmig ist, dass locale Empfindungsunterschiede von merklicher Grösse nicht entstehen. In der That bestätigt dies die Erfahrung, insofern an allen Hautstellen, welche sich durch ge-

naue Localisation auszeichnen, wie z. B. an den Fingerspitzen, auch die Feinheitsunterschiede nahe bei einander gelegener Stellen am grössten sind. Ferner lässt sich hierher die Beobachtung beziehen, dass, wenn man zwei Eindrücke auf die Grenze zweier Hautstellen von sehr abweichender Unterscheidungsschärfe einwirken lässt, z. B. den einen auf die äussere, den andern auf die innere Oberfläche der Lippe, dann die Entfernung deutlicher wahrgenommen wird, als wenn beide Eindrücke in gleicher Distanz auf eine und dieselbe Stelle, selbst wenn es die empfindlichere ist, einwirken[1]. Jene Interferenz der Empfindungskreise, welche die Fig. 100, S. 473 veranschaulicht, erklärt sich leicht aus dieser Vorstellung. An jedem Punkt der Haut muss ja ein neuer Empfindungskreis beginnen, insofern für jeden ein bestimmtes Maass der geänderten Nervenvertheilung existirt, innerhalb dessen die Veränderung des Localzeichens unmerklich ist. Zugleich ist deutlich, dass die Grenze der localen Unterscheidung keine fest bestimmte sein kann. Denn die Abstufung der Localzeichen, bez. der ihnen zu Grunde liegenden Nervenvertheilung, ist eine stetige, so dass bei fortgesetzter Uebung auch solche Unterschiede noch erkannt werden können, die ursprünglich der Beobachtung entgehen. In Fig. 100 können wir uns dies durch die Interferenz der Empfindungskreise ausgedrückt denken. Eine wirkliche Veränderung der Nervenvertheilung ist, so nehmen wir an, bereits in den sehr kleinen Abständen bemerkbar, in denen die verschiedenen Empfindungskreise über einander greifen, der ganze Durchmesser eines solchen Kreises aber bedeutet nur den Grenzunterschied, der unter gewöhnlichen Verhältnissen der merkbaren Differenz der Localzeichen entspricht. Hierdurch wird es denn auch erklärlich, dass da, wo eine plötzliche Aenderung in der Grösse der Empfindungskreise eintritt, die räumliche Unterscheidung besonders scharf ist, indem ein schneller Wechsel in der Grösse der über einander greifenden Kreisabschnitte als eine sprungweise Aenderung des Localzeichens erscheinen muss. Leicht fügen sich dieser Hypothese ferner die Beobachtungen über den Einfluss des Wachsthums (S. 475), da hierbei die Zahl der auf eine bestimmte Hautfläche kommenden Nervenfibrillen annähernd ungeändert bleibt, also die Schnelligkeit in der Abstufung der Nervenvertheilung sich vermindern muss. Die physiologischen Bedingungen endlich, welche der Synthese der beiden in der räumlichen Tastvorstellung zusammenwirkenden Empfindungssysteme zu Grunde liegen, können allein centraler Natur sein. Denn die Grundlage dieser Synthese ist die Verbindung von Sinneseindrücken und Bewegungsimpulsen; eine solche Verbindung findet aber nur in bestimmten Centralheerden des Nervensystems statt. Als dasjenige Gebilde, welchem diese Function speciell für das Tastorgan und die ihm zugeordneten Muskelbewegungen höchst wahrscheinlich zukommt, haben wir früher die sogenannten Sehhügel kennen gelernt, complicirte Reflexcentren, von welchen die auf bestimmte Tasteindrücke erfolgenden zusammengesetzten Bewegungsreactionen ausgehen[2]. Die Zweckmässigkeit dieser Bewegungen veranlasst uns, sie als das Product einer psychischen Entwicklung anzusehen[3]. Anderseits aber nöthigt uns der mit einer Art mechanischen Zwanges erfolgende Eintritt derselben, sie auf die in dem Centralorgan getroffenen Einrichtungen zurückzuführen, eine Anschauung, die

[1] E. H. Weber, annotat. anat. Prol. VIII. p. 7.
[2] Cap. V, S. 195 f.
[3] Cap. XXI.

im allgemeinen durch die Zergliederung der Structurverhältnisse bestätigt wird [1]. Beide Voraussetzungen, der Erwerb durch psychische Entwicklung und die Gebundenheit an fest gegebene Structurbedingungen, sind aber nur dann vereinbar, wenn wir diese letzteren selbst als entstanden in Folge der psychischen Entwicklung ansehen, womit die letztere allerdings über die Grenzen der individuellen Existenz ausgedehnt werden muss. Den physiologischen Grund für die Synthese der Innervationsgefühle und Tasteindrücke müssen wir sonach in jenem centralen Mechanismus suchen, der den Empfindungen bestimmte Bewegungen anpasst, und der wahrscheinlich innerhalb der Grosshirnrinde seine besondere Vertretung hat. Dieses letztere Gebiet ist sonach das eigentliche physiologische Substrat der räumlichen Tastvorstellungen. Die Zergliederung der geordneten Körperbewegungen weist endlich schon auf eine nähere Verbindung einerseits der symmetrischen Theile beider Körperhälften, anderseits der functionell einander zugeordneten Regionen, wie z. B. der einzelnen Finger hin. Hierin möchte dann wohl eine physiologische Bedingung jenes Einflusses gegeben sein, welchen ein direct geübter Theil auf andere, symmetrische oder in functioneller Verbindung stehende, in der Form der Mitübung äussert.

In den hier angedeuteten anatomischen Vorrichtungen ist lediglich eine functionelle Disposition begründet. Für alle räumlichen Grössenverhältnisse, über die uns der Tastsinn Aufschlüsse verschafft, geben daher auch nicht die räumlichen Lagerungsverhältnisse der Tastnerven, sondern allein gewisse Empfindungen ein Maass ab. Bei der Vorstellung von der Lage unserer Körpertheile im Raume ist dies unmittelbar einleuchtend, denn die Grösse der zur Herbeiführung einer bestimmten Lage erforderlichen Bewegung ermessen wir nach den Innervationsgefühlen. Aber auch die Auffassungen des ruhenden Tastorgans werden, sobald es sich um die Messung von Raumgrössen handelt, offenbar wesentlich durch die Bewegung bestimmt. Allerdings ist der verschiedene Durchmesser der Empfindungskreise gleichfalls nicht ohne Einfluss. Wenn man in dem Weber'schen Versuch bei constant erhaltener Distanz der Cirkelspitzen von einem weniger scharf zu einem schärfer empfindenden Hauttheil übergeht, z. B. von den hinteren zu den vorderen Partieen der Wangenhaut, so scheinen sich die beiden Spitzen von einander zu entfernen [2]. Aber derartige Täuschungen finden nur so lange statt, als es sich um verhältnissmässig geringe Unterschiede handelt, und die Distanz der Eindrücke die Grösse eines Empfindungskreises nicht erheblich überschreitet. Wenn wir von einer stumpfer empfindenden Hautstelle *a* zu einer schärfer empfindenden *b* übergehen bei einer Distanz, die in *a* dem Durchmesser eines Empfindungskreises noch nicht gleich kommt, in *b* aber denselben übertrifft, so muss natürlich die Vorstellung entstehen, als wenn der ursprünglich einfache Eindruck in zwei auseinandertrete, und in ähnlicher Weise wird auch noch über diese Grenze hinaus auf der feiner empfindenden Hautstelle deutlicher die Existenz eines Zwischenraums zwischen den Eindrücken wahrgenommen, wodurch es scheint, als wenn die Eindrücke selbst in weiterer Distanz von einander stattfänden. Innerhalb gewisser Grenzen ist also die Abstufung zwischenliegender Localzeichen auf die Schätzung der Entfernung zweier Eindrücke allerdings von Einfluss. Aber man kann desshalb nicht sagen, dass wir die Entfernungen nach der Grösse der

[1] Cap. IV, S. 149 f.
[2] Weber, Art. Tastsinn, S. 525.

Empfindungskreise bemessen. Bringen wir z. B. die Cirkelspitzen zuerst in 1 Millim. Entfernung mit der Volarfläche des ersten Fingergliedes, dann in 68 Millim. mit der Rückenhaut in Berührung, also in beiden Fällen in Entfernungen, die eben die Grösse der Empfindungskreise dieser Theile überschreiten (siehe S. 473), so halten wir durchaus nicht beide Distanzen für gleich, sondern wir bemerken wohl, dass die Distanz auf der Rückenhaut weit grösser als die am Finger ist; dabei ist es uns übrigens an dem stumpfer empfindenden Hauttheil überhaupt schwerer, die absolute Distanz zu schätzen. Was demnach im allgemeinen zunächst unsere räumliche Vorstellung bestimmt, ist diejenige Entfernung der Eindrücke, welche wir bei der Bewegung der tastenden Theile erfasst haben: erst in zweiter Linie übt dann auch die deutliche Vorstellung zwischenliegender Strecken einen Einfluss aus, wobei aber diese auf die Localzeichen gegründete Schätzung fortwährend durch die Bewegungen corrigirt werden kann.

Die Vorstellung der eigenen Bewegung zerfällt in die des bewegten Körpertheils, ausserdem in Kraft, Umfang, Richtung und Geschwindigkeit, als ihre näheren Bestandtheile.

Ein gewisses Kraftgefühl ist mit jeder unserer activen Bewegungen untrennbar verbunden. Die Vorstellung, dass ein Theil unseres Körpers sich bewege, können wir aber auch ohne jede selbst aufgewandte Energie, bei bloss passiven Bewegungen, besitzen, wobei sich an diese zugleich Vorstellungen über Umfang, Richtung und Geschwindigkeit knüpfen. Durch das Kraftgefühl erlangen wir nur die Gewissheit der eigenen Anstrengung, mag diese nun den Effect einer wirklichen Bewegung herbeiführen oder, bei zu bedeutender Grösse der äusseren Widerstände, als fruchtlose Energie verloren gehen. Das Maass der Kraftanstrengung gewinnen wir zunächst aus den centralen Innervationsgefühlen. Der einfache Beweis hierfür liegt in der Thatsache, dass jene Vorstellung nur nach der Grösse der motorischen Innervation, nicht im mindesten nach der wirklich aufgewandten Kraft oder nach sonstigen Verhältnissen der äussern Bewegung sich richtet. Dies zeigen namentlich pathologische Erfahrungen, in denen durch Leitungsstörungen oder durch Veränderungen der Muskeln die seither bestandenen Beziehungen zwischen dem Innervationsgefühl und der wirklich aufgewandten Kraft eine plötzliche Verschiebung erfahren haben, die Fälle der sogenannten Parese[1]). Ein Patient, dessen Arm halb gelähmt wurde, glaubt, sein Glied sei mit einem Gewichte beschwert, und eine gehobene Last erscheint ihm grösser als zuvor. Dennoch kann die Vorstellung der bewegenden Kraft nicht mit dem blossen Kraftgefühl schon gegeben sein, denn sie setzt die Vorstellung der Bewegung voraus. Die letztere schliesst aber die wei-

[1]) Vergl. Cap. V. S. 205.

teren Theilvorstellungen des Umfangs, der Richtung, Geschwindigkeit und des bewegten Glieds in sich, Vorstellungen, welche auf Tastempfindungen als ihre nothwendigen Bestandtheile zurückführen.

So unterscheiden wir den bewegten Körpertheil zunächst mittelst der Tastempfindungen, die, jede active oder passive Bewegung begleitend, in den Faltungen der Haut, den Drehungen der Gelenke und den Pressungen der Weichtheile ihren Grund haben. Die Annahme, dass Bewegungsempfindungen allein die Wahrnehmung der bewegten Theile vermitteln, wird widerlegt durch die Erfahrung, dass auch bei passiven Bewegungen das bewegte Glied deutlich unterschieden wird[1]). Anderseits zeigt bei Anästhesie der Haut die Wahrnehmung der eigenen Bewegung deutliche Störungen, auch wenn die motorische Innervation und die an dieselbe geknüpfte Bewegungsempfindung erhalten blieben[2]). Wird nun der bewegte Theil mit Hülfe der Tastempfindungen vorgestellt, so liegt hierin eingeschlossen, dass diese Vorstellung wiederum keine ursprüngliche ist. Denn es muss derselben die Localisation jener Empfindungen vorausgehen. Mit der Vorstellung des bewegten Gliedes ist eine solche von dem Umfang und von der Richtung der Bewegung immer zugleich gegeben. Die Grundlage aller dieser Vorstellungen bildet die Wahrnehmung der Lage, welche durch Tastempfindungen vermittelt werden muss. So kommen wir denn zu dem Ergebnisse, dass alle einzelnen Bestandtheile der Bewegungsvorstellung sich wechselseitig bedingen, und dass also die ganze Vorstellung sich in allen ihren Theilen gleichzeitig entwickeln wird. Wenn wir von den dem Gesichtssinn zugehörigen Wahrnehmungen hier noch absehen, so wirken bei jeder Bewegungsvorstellung localisirte Tastempfindungen und Innervationsgefühle zusammen. Nun ist die örtliche Unterscheidung der Tastempfindungen ebenfalls an die eigene Bewegung der Theile gebunden. Tast- und Bewegungsvorstellungen können daher nur in gemeinsamer Entwicklung sich ausbilden.

In die Vorstellung der Bewegung geht aber ausser der räumlichen Ordnung der Tastempfindungen als ein wesentlicher Bestandtheil noch die

---

[1]) C. Bell (Untersuchungen des Nervensystems, übers. von Romberg. S. 185 f.) und E. H. Weber (Tastsinn und Gemeingefühl, Handwörterb. d. Physiol. II, S. 583) leiten diese wie alle auf die Bewegungsvorstellung bezüglichen Wahrnehmungen nur aus dem Muskelsinn ab, ebenso J. Müller (Handbuch der Physiologie II S. 494), der aber Tastsinn und Muskelgefühl nicht von einander sondert. Auch diejenigen unter den älteren Autoren, welche ein besonderes Muskelgefühl annehmen, lassen übrigens letzteres aus peripherischer Reizung hervorgehen; eben desshalb wird von ihnen der »Muskelsinn« gleichsam als ein sechster Sinn angesehen. Schon oben (S. 316) wurde bemerkt, dass die central entspringenden Innervationsgefühle von denjenigen Empfindungen zu trennen sind, die in dem Zustand der peripherischen Organe ihren Grund haben, und die man darum als Muskelgefühle im engeren Sinne bezeichnen kann.

[2]) Leyden, Virchow's Archiv. Bd. 47 S. 325 f.

Zeitanschauung ein, die gleich dem Raume eine allgemeine Form der Verbindung unserer Vorstellungen ist. Die Bedingung zu dieser Verbindung ist überall da gegeben, wo intensiv oder qualitativ unterschiedene Empfindungen in gleichmässiger Folge sich wiederholen. Diese Forderung ist nun vollständig bei jenen Empfindungen erfüllt, welche unsere eigene Bewegung begleiten. Hierbei bilden sowohl die Innervations- wie die Tastgefühle eine Reihe stetig in einander übergehender Empfindungen, die sich bei wiederholter Bewegung wieder in derselben Weise erneuern[1]. Mittelst der Zeitanschauung entwickeln sich unmittelbar diejenigen Modalitäten der Bewegungsvorstellung, welche an die Vorstellung des bewegten Theiles sich anschliessen, nämlich Umfang, Richtung und Geschwindigkeit. Die Vorstellungen von Umfang und Richtung gewinnen wir, indem wir successiv die einzelnen Lagen wahrnehmen, welche das bewegte Glied annimmt. Die Grösse der äussersten Lageverschiedenheit gibt den Umfang, die Beziehung der Lageänderung zu unserm übrigen Körper die Richtung der Bewegung. Je grösser innerhalb einer gegebenen Zeit der Umfang der Bewegung ist, um so grösser ist deren Geschwindigkeit. Die Vorstellung der Geschwindigkeit kann sich daher aus der Vergleichung verschiedener Bewegungen entwickeln, wenn dabei die Zeit wechselt, in welcher ein bestimmter Umfang durchmessen wird.

Mit diesen Bestandtheilen, welche sämmtlich die Zeitanschauung in sich begreifen, verbindet sich, wie schon bemerkt, in untrennbarer Weise die Vorstellung der bewegenden Kraft. Sie setzt sich zusammen aus der Vorstellung der intendirten Anstrengung, welche unmittelbar in dem Innervationsgefühl ihr Maass hat, und aus der Vorstellung des Widerstandes, welche hauptsächlich aus Tastgefühlen stammt. Die wechselnde Weise, in der beide Empfindungen verbunden sind, bestimmt hauptsächlich die Verschiedenheiten der Kraftvorstellung. Das Gefühl der Energie nebst der Empfindung eines nicht zu bewegenden Widerstandes gibt die Vorstellung der todten Kraft oder der Masse, Energie und überwundener Widerstand zusammen erzeugen die Vorstellung der lebendigen oder wirklichen Kraft. Die letztere wird gemessen durch das Verhältniss des Energiegefühls zu der Tastempfindung, die dem überwundenen Widerstande entspricht; für die todte Kraft aber haben wir kein bestimmtes Maass, indem der Grad, bis zu welchem die Energie und der Tasteindruck gesteigert worden sind, nur eine untere Grenze für die Grösse der Masse abgibt.

In der Bewegungsvorstellung begegnen sich Raum- und Zeitanschauung. Sie ist räumlich, weil jede Bewegung eine Succession einzelner Raumlagen

---

[1] Näheres über die Bedingungen der Zeitauffassung vergl. in Cap. XVI.

in sich schliesst. In der Vorstellung der Lage unserer Körpertheile im Raum, in welcher alle Bewegungsvorstellungen wurzeln, herrscht die räumliche Bestimmung, in der Vorstellung der Geschwindigkeit die zeitliche vor, im Umfang der Bewegung vereinigen sich beide. Die Vorstellung der Kraft endlich setzt die andern Momente der Bewegung voraus, und gründet sich ausserdem auf das intensive Maass der zusammenwirkenden Innervationsgefühle und Tastempfindungen in ihrer absoluten Grösse und in ihrem gegenseitigen Verhältnisse. Alle diese Theile der Bewegungsvorstellung sind aber stets mit einander gegeben. Die Vorstellung der Bewegung ist so die einfachste und darum wahrscheinlich die ursprünglichste, in welcher die zeitliche und die räumliche Ordnung der Empfindungen neben einander vorkommen. In ihr haben wir daher die Vorbereitung gewonnen für die Untersuchung zweier Classen der Sinnesvorstellung, in denen die beiden Formen der Anschauung, die in der Bewegung noch vereinigt liegen, mehr von einander sich sondern, der Gehörs- und der Gesichtsvorstellungen.

Nach der im allgemeinen schon auf S. 179 auseinandergesetzten nativistischen Ansicht ist mit jeder Tastempfindung ohne weiteres die Vorstellung des Ortes verbunden, an welchem sie stattfindet; ebenso haben wir nach ihr ein ursprüngliches Bewusstsein unserer Bewegung, wobei man entweder annimmt, dass dieses Bewusstsein an die Bewegungsempfindung geknüpft sei, oder selbst gar keine vermittelnde Empfindung für nöthig hält[1]. Nach der genetischen Ansicht geschieht die Localisation der Tastempfindungen sowie die Wahrnehmung der eigenen Bewegung durch einen psychologischen Process, dessen Entstehung durch bestimmte Empfindungen angeregt wird[2].

Die nativistische Theorie entspricht dem Standpunkt des naiven Bewusstseins, welchem der Gedanke einer psychologischen Analyse der Wahrnehmung noch fern liegt. In der ältern Philosophie finden sich zwar mannigfache Anläufe zur Ueberwindung dieses Standpunktes. Aber erst die von Locke[3] begründete empiristische Richtung der Philosophie hat das Bestreben, die Vorstellungen als Producte einer Entwicklung aufzufassen, zu entschiedener Geltung gebracht. Die so entstandene empiristische Form der genetischen Theorie, die in Berkeley[4], trotz des idealistischen Grundzugs seiner Anschauungen, sowie in Condillac[5] ihre Hauptbegründer hat, wurde aber namentlich in Deutschland durch die idealistischen Systeme verdrängt. Insbesondere Kant's Lehre von den Anschauungsformen begünstigte eine nativistische Richtung in der Sinneslehre. Indem man den Raum als die angeborene Form der äussern Sinnesanschauung

[1] Trendelenburg, logische Untersuchungen. 2te Aufl. I. S. 141 f.

[2] Helmholtz hat der nativistischen unmittelbar die empiristische Ansicht gegenübergestellt (phys. Optik S. 435); ich gebrauche die allgemeinere Bezeichnung, weil der Empirismus nur eine der Formen ist, welche die Entwicklungstheorie annehmen kann. Vergl. hierzu den Schluss vom Cap. XIV.

[3] Essay concerning human understanding. 1709.

[4] Theory of vision §. 54 f.

[5] Traité des sensations. part. II.

betrachtete, meinte man auch die einzelnen räumlichen Vorstellungen aus den gegebenen Einrichtungen der Sinnesorgane und des Nervensystems ableiten zu sollen. So stellte J. MÜLLER den Satz auf, jeder Punkt, in welchem eine Nervenfaser ende, werde im Sensorium als Raumtheilchen vorgestellt. Wir haben nach ihm eine ursprüngliche Vorstellung unseres Körpers vermöge der Durchdringung desselben mit Nerven; ebenso ist mit den Empfindungen der Muskeln oder vielleicht auch mit der Innervation bestimmter motorischer Nervenfasern unmittelbar eine Vorstellung der bei der Bewegung zurückgelegten Räume verbunden[1]. Auf denselben Anschauungen beruhte E. H. WEBER's Lehre von den Empfindungskreisen. In der ursprünglichen Fassung dieser Lehre ist der Empfindungskreis diejenige Hautstrecke, welche von einem Nervenfaden versorgt und daher als eine räumliche Einheit empfunden wird. Später hat jedoch WEBER seine Theorie etwas modificirt, um sie gegen verschiedene Einwände sicherzustellen und dadurch eine Vermittlung mit der empiristischen Ansicht angebahnt. Er nimmt nämlich nun an, die Empfindungskreise seien sehr kleine Hautflächen, so dass zwischen zwei Eindrücken, die unterschieden werden sollen, immer mehrere Empfindungskreise gelegen sein müssen; er ist geneigt die Vorstellung des zwischen den Eindrücken gelegenen Zwischenraums gerade hierauf zurückzuführen. Ausserdem glaubt er jetzt, dass die Bestimmung des Ortes, wo ein Eindruck stattfindet, wahrscheinlich erst durch Erfahrung geschehe, und dass das Tastorgan durch Uebung in der räumlichen Unterscheidung vervollkommnet werde, indem sich die Zahl der Empfindungskreise, die zwischen den Eindrücken gelegen sein müssen, um den Zwischenraum wahrzunehmen, verringern könne. Die auf die Empfindungskreise bezügliche Seite dieser Theorie verbesserte CZERMAK, indem er den neben einander liegenden interferirende Empfindungskreise substituirte, wodurch nun dieser Begriff, wie es von uns oben geschehen ist, wieder in seiner ursprünglichen Bedeutung, als diejenige Flächengrösse, in der räumlich getrennte Eindrücke zusammenfallen, hergestellt werden kann[2].

Sobald man, wie es in diesen späteren Neugestaltungen der Lehre von den Empfindungskreisen der Fall ist, der Erfahrung einen wesentlichen Einfluss auf die Feststellung der räumlichen Beziehungen zugesteht, so ist damit aber die Frage nach den psychologischen Motiven eines solchen Einflusses gegeben. Hier ist nun der Uebergang von der vermittelnden Ansicht, wie sie WEBER und seine Nachfolger versuchten, zu den genetischen Theorieen, welche nicht bloss die spätere Vervollkommnung der räumlichen Tastvorstellungen sondern überhaupt ihre Entstehung aus einer psychologischen Entwicklung abzuleiten suchen, nahe gelegt. Dieser Ansichten lassen sich vier unterscheiden: zwei rein psychologische, die auf alle physiologischen Hülfsmittel zur Herleitung der Raumanschauung verzichten, indem sie dieselbe lediglich aus dem Wesen der Seele oder dem Verlaufe ihrer Vorstellungen herzuleiten suchen; die beiden andern können wir

---

[1] a. a. O. S. 508.

[2] Ausserdem hat CZERMAK auch die Idee einer Irradiation des Reizes weiter ausgeführt und durch dieselbe namentlich die deutlichere Unterscheidbarkeit successiver Tasteindrücke gegenüber den simultanen zu erklären gesucht. Noch andere Modificationen der WEBER'schen Hypothese hat G. MEISSNER vorgeschlagen, hauptsächlich in dem Bestreben eine Uebereinstimmung mit anatomischen Ergebnissen herbeizuführen. (Ztschr. f. rat. Med. N. F. Bd. 4. S. 260.) Vergl. hierüber meine Beiträge zur Theorie der Sinneswahrnehmung S. 14 f.

psychophysische nennen, weil sie zwar noch gewisse psychologische Vorgänge, daneben aber bestimmte physiologische Vorbedingungen in den Sinnesorganen nothwendig halten.

Erste Ansicht: Die Raumvorstellung beruht auf dem untheilbaren einfachen Wesen der Seele, welches die Verschmelzung mehrerer gleichzeitig gegebener Empfindungen in ein intensives Vorstellen verhindert und daher Ursache wird, dass dieselben neben einander geordnet werden. Nach dieser von TH. WAITZ[1] aufgestellten Theorie muss dann natürlich die speciellere räumliche Ordnung der Eindrücke, die Bestimmung von Lage, Richtung, Grösse, Gestalt u. s. w. aus psychologischen Vorgängen secundärer Art abgeleitet werden: sie soll Product der Erfahrung sein, bei der namentlich Tast- und Gesichtssinn zusammenwirken. Damit wird nun aber jene ursprüngliche Raumvorstellung, welche doch dem Einsetzen der Erfahrung als Grundlage vorangehen muss, zu einem unbestimmten Begriff verflüchtigt, welcher von dem was wirklich der Raum ist nichts mehr enthält. Endlich aber zeigt das Beispiel des Gehörssinns sowie der gleichzeitig auf disparate Sinne stattfindenden Eindrücke, dass wir durchaus nicht alle simultanen Empfindungen von verschiedenem Quale in die extensive Form bringen. Die Gebundenheit der letzteren an bestimmte Sinnesorgane beweist eben, dass specielle physiologische Vorbedingungen dazu erforderlich sind.

Zweite Ansicht: Die Raumvorstellung geht aus einer Succession von Empfindungen hervor, welche dann in die räumliche Form geordnet werden, wenn ihre Reihenfolge sich umkehren kann. Diese von HERBART[2] ausgeführte Theorie zieht zwar die Bewegung als einen wesentlichen Factor für die Bildung der Raumanschauung herbei, aber die eigene Bewegung, des tastenden Fingers z. B., hilft hier nur insofern, als sie eine Succession der Vorstellungen vermittelt, und sie kann daher auch durch eine Hin- und Herbewegung des äussern Objects ersetzt werden. Das eigentlich wirksame Vehikel der Raumvorstellung ist also nicht die Bewegung sondern lediglich die Succession der Empfindungen, die, sobald sie umkehrbar ist, zur Raumvorstellung wird[3]. Die Theorie HERBART's wandelt eine Beschreibung des objectiven Raumes unmittelbar in den subjectiven Vorgang der Raumanschauung um. Wie wir uns in dem äusseren Raum in beliebiger Richtung Linien können gezogen denken, die, von wo anfangend man sie auch ziehen mag, immer dieselbe Nebeneinanderordnung von Raumelementen antreffen: so soll unsere Anschauung den Raum construiren, indem sie hin- und zurücklaufende Linien durch denselben legt. Aber nirgends

[1] Lehrbuch der Psychologie als Naturwissenschaft. §. 18.

[2] Psychologie als Wissenschaft, Werke Bd. 6 S. 119. Nach HERBART findet bei einer solchen hin- und zurücklaufenden Succession eine abgestufte Verschmelzung der Einzelvorstellungen statt. »Beim Vorwärtsgehen sinken allmälig die ersten Auffassungen und verschmelzen, während des Sinkens sich abstufend, immer weniger und weniger mit den nachfolgenden. Beim mindesten Rückkehren aber gerathen sämmtliche frühere Auffassungen, begünstigt durch die vielen jetzt hinzukommenden, die ihnen gleichen, in's Steigen.« So geschieht es denn, »dass jede Vorstellung allen ihre Plätze anweist, indem sie sich neben und zwischen einander lagern müssen«. A. a. O. S. 120.

[3] CORNELIUS die Theorie des Sehens und räumlichen Vorstellens. Halle 1861. S. 561 f. referirt über die HERBART'sche Theorie so, als wenn in derselben die Muskelempfindungen als Localisationshülfen herbeigezogen wären. Davon ist aber bei HERBART nichts zu finden.

wird dargethan, dass solche hin- und zurücklaufende Reihen mit Nothwendigkeit zur Raumvorstellung führen. Im Gegentheil, wenn die in einer Richtung ablaufenden Vorstellungen die Zeitreihe sind, so bleibt unbegreiflich, warum die rückwärts laufenden etwas anderes als wiederum eine Zeitreihe sein sollen. Wir können, wie Lotze treffend bemerkt hat, mit Tönen die zur Raumanschauung verlangte Reihenform leicht herstellen, wenn wir z. B. die Tonscala zuerst auf- und dann absteigend singen, ohne dass doch eine räumliche Vorstellung der Erfolg wäre[1]. Damit werden wir auch hier auf specielle physiologische Vorbedingungen hingewiesen.

Dritte Ansicht: Alle Empfindungen entspringen aus rein intensiven Erregungen. Wo eine räumliche Ordnung derselben zu Stande kommt, geschieht dies durch die Verbindung mit einem hinzukommenden Nervenprocess, welcher der Empfindung ein Zeichen beigibt, mittelst dessen sie auf einen bestimmten Ort im Raume bezogen werden kann. Dieses Localzeichen, wie es von Lotze, dem Begründer der Theorie, genannt wird, kann bei den verschiedenen Sinnesorganen möglicher Weise eine verschiedene Beschaffenheit besitzen. Erforderlich ist nur, dass alle Localzeichen Glieder einer geordneten Reihe sind. Speciell beim Tastsinn vermuthet er, dass sie aus einem System von Mitempfindungen bestehen, welche durch die Ausbreitung des Reizes auf umgebende Theile verursacht werden. Ist nun diese Theorie insofern gewiss auf dem richtigen Wege, als sie nach physiologischen Vorbedingungen der Localisation in den Sinnesorganen sucht, so sind doch in den angenommenen Localzeichen keine zureichenden Motive zu einer solchen gegeben. Denn wenn auch die Localzeichen durch ihre Gebundenheit an den Ort des Eindrucks vielleicht von jenen Qualitäten der Empfindung sich ablösen, welche ihre Ursache in dem äusseren Reize haben, weil sie eben mit der wechselnden Beschaffenheit des letzteren nicht wechseln, so ist desshalb doch noch nicht im mindesten einzusehen, wesshalb sie in eine räumliche Ordnung gebracht werden sollen. Als Hülfsmittel der Localisation könnten sie nur dann dienen, wenn die Raumvorstellung von vornherein gegeben wäre und die Localzeichen dann nur benützt würden, um mit ihrer Hülfe den Ort des Eindrucks festzustellen. In der That hebt auch Lotze hervor, dass seine Theorie nicht die Raumanschauung erklären solle, die ein unserer Seele a priori angehöriges Besitzthum sei, sondern dass sie nur die Hülfsmittel darlegen wolle, durch welche wir dem einzelnen Eindruck seine bestimmte Stelle im Raume anweisen. Entweder wird nun dies so verstanden, dass immerhin die ursprüngliche Ordnung bestimmter Sinnesempfindungen in räumlicher Form dadurch erklärt werden soll, was offenbar Lotze's Meinung ist, da er den Vorgang eine »Reconstruction der Räumlichkeit« nennt; oder man könnte daran denken, ein räumliches Bild der tastenden Oberfläche sei uns schon gegeben, und vermittelst des qualitativen Localzeichens erkennen wir nur den einzelnen Punkt, welcher vom äussern Eindruck getroffen wurde. Aber im ersten Fall begegnet uns die vorige Schwierigkeit. Wir begreifen nicht, warum aus qualitativen Zeichen, wenn sie noch so regelmässig abgestuft sind, eine räumliche Ordnung entstehen soll, mag diese nun eine ursprüngliche Erzeugung oder eine blosse Reconstruction des Raumes genannt werden. Dass diese Qualitäten einem bestimmten Ort unseres Sinnesorgans anhaften, erschliessen wir erst aus der Fähigkeit der Localisation, jene

[1] Wagner's Handwörterbuch der Physiologie III, 1, S. 177.

Eigenschaft kann also nicht zum ursprünglichen Hülfsmittel der letzteren gemacht werden. Im zweiten Fall verschwinden allerdings diese Schwierigkeiten. Wenn das Localzeichen ein blosses Signal sein soll, an dem wir einen auf anderem Wege festgestellten Raumpunkt wieder erkennen, so steht nichts seiner Benutzung entgegen. Aber es erhebt sich dann eben die Frage, wie jene erste räumliche Ordnung der Eindrücke sich bildet, die bei einer solchen isolirten Anwendung der Localzeichen immer vorausgesetzt wird. Dieser ersten Bildung räumlicher Tastvorstellungen kommt nun, wie es scheint, die folgende Theorie näher.

Vierte Ansicht: Die Raumanschauung entspringt aus der eigenen Bewegung; die ursprünglichste räumliche Vorstellung ist daher die Bewegungsvorstellung. Letztere gewinnen wir aus den intensiv abgestuften Muskelgefühlen, welche mit der Bewegung verbunden sind. Bis hierhin schliesst sich diese Ansicht unmittelbar der BERKELEY'schen Theorie an, deren Weiterbildung sie ist. Aber in der Erkenntniss, dass intensiv abgestufte Empfindungen an und für sich noch keine Nöthigung zur räumlichen Ordnung in sich tragen können, lässt BAIN, der hauptsächlich die Bewegungstheorie ausgebildet hat, jene Vorstellung aus einer Wechselwirkung der Bewegungsempfindungen und der Zeitvorstellung hervorgehen[1]). Indem nämlich unsere Bewegung je nach ihrer Schnelligkeit die nämlichen Intensitätsabstufungen in verschiedener Zeitdauer zurücklegen kann, muss sich nach BAIN die Vorstellung des Raumumfangs der Bewegung von derjenigen ihrer Zeitdauer trennen. Aehnlich bildet sich die räumliche Ordnung der Tastempfindungen. Indem wir successiv eine Reihe von Gegenständen bei verschiedener Geschwindigkeit betasten, wird die Ordnung der Eindrücke als unabhängig von ihrer zeitlichen Succession aufgefasst, und sie werden eben desshalb als neben einander geordnet vorgestellt. Als Maass der Entfernung dient aber wieder die Bewegungsempfindung, in der somit alle Localisation ihren Grund hat. In dieser Theorie liegt die richtige Erkenntniss, dass zum Vollzug räumlicher Vorstellungen stets verschiedenartige Elemente zusammenwirken müssen, da in einem einzigen irgendwie abgestuften System von Empfindungen niemals der Grund liegen kann, ausser der qualitativen und intensiven Reihe dieser Empfindungen noch eine weitere Ordnung, die räumliche, zu setzen. Doch der Fehler der Theorie besteht darin, dass sie zum eigentlichen Vehikel der Raumvorstellung die Zeitanschauung macht. Nach ihr müsste eine gewisse Folge von Empfindungen zur Raumstrecke werden, sobald deren Succession mit variabler Geschwindigkeit vor sich geht. Aber dies ist der Weg, auf welchem eben die Vorstellung der Geschwindigkeit, nicht die des Raums entsteht, wie das Beispiel anderer Empfindungen, z. B. der Gehörsempfindungen, deutlich macht. Eine Reihe von Tonintensitäten oder Tonhöhen mit wechselnder Geschwindigkeit wiederholt führt nie zur räumlichen Ordnung. So bleibt schliesslich doch an den Bewegungsempfindungen die specifische Eigenschaft kleben, dass sie ihre Intensitäten in eine räumliche Reihe bringen, was der ursprünglichen Auffassung BERKELEY's gleichkommt. Ausserdem begegnet die Theorie dem Einwande, dass sie nicht erklärt, warum auch das ruhende

---

1) A. BAIN, the senses and the intellect. 2. edit. London 1864. p. 197 f. Mit der Theorie BAIN's stimmt eine ältere deutsche Arbeit von STEINBUCH in den wesentlichsten Punkten überein. (STEINBUCH, Beitrag zur Physiologie der Sinne. Nürnberg 1811.)

Tastorgan fähig ist, seine Eindrücke zu localisiren und räumlich zu ordnen. Um diesen Einwand zu beseitigen, muss sie sich mit dér vorigen Ansicht combiniren: sie muss Localzeichen annehmen, welche die Wiedererkennung eines Eindrucks in Bezug auf den Ort seiner Einwirkung möglich machen. Hiermit ist aber derjenigen Theorie der Boden bereitet, welche wir oben entwickelt haben [1]).

Dreizehntes Capitel.

Gehörsvorstellungen.

Vor andern Vorstellungen zeichnen sich die des Gehörssinnes durch die Eigenschaft aus, dass sie aus einer ausserordentlich reichen, aber gleichartigen sinnlichen Grundlage entspringen. Das einzige Material für ihren Aufbau bilden nämlich die Ton- und Geräuschempfindungen. Innervationsgefühle oder andere Sinneseindrücke, die dem Gebiet der Geräusche und Klänge fremd sind, wirken nicht oder doch nur in höchst secundärer Weise bei ihrer Bildung mit. Durch die Bewegungen des Halses und des äusseren Ohres, welchem einigermaassen die Rolle eines Schallbechers zukommt, wird zwar die Verlegung des Schalls nach bestimmten Richtungen des Raumes vermittelt [2]). Aber dieser Vorgang ist von keiner wesent-

---

[1]) Die Grundzüge derselben sind schon in der 1858 erschienenen ersten Abhandlung meiner »Beiträge zur Theorie der Sinneswahrnehmung« auseinandergesetzt. Doch ist dort auf die Entstehung der Bewegungsvorstellung und ihren maassgebenden Einfluss auf die räumliche Ordnung der Tasteindrücke noch nicht die gebührende Rücksicht genommen. Auch vermuthete ich, nur beim Blindgeborenen stelle sich diese Ordnung durch die reine Wechselwirkung der Tast- und Bewegungsempfindungen fest, während beim Sehenden der Gesichtssinn helfend eingreife, so dass dann nur mittelst des Localzeichens der aus der Gesichtsvorstellung bekannte Ort der Tastfläche festgestellt zu werden brauche. Aber da auch beim Sehenden überall nur die Bewegung deutliche Spuren ihres Einflusses zurücklässt, der Gesichtssinn gar keine (vergl. oben S. 480), so glaube ich nunmehr unter allen Umständen für die räumlichen Tastvorstellungen die Selbständigkeit der Entwicklung annehmen zu sollen.

[2]) Die wesentlichste Rolle bei dieser, übrigens stets sehr unvollkommenen Localisation der Schalleindrücke spielt wahrscheinlich der Spannmuskel des Trommelfells (musc. tensor tympani). Derselbe wird, sobald Schallwellen das Ohr treffen, unwillkürlich in Contraction versetzt. Durch das Trommelfell werden aber nur solche Schalleindrücke dem Gehörlabyrinth zugeleitet, welche zunächst durch die Luft sich fortgepflanzt haben, während jene, die im Gehörorgane selbst oder dessen Nachbarschaft entstehen, durch die Kopfknochen zu den Enden des Hörnerven gelangen. Füllt man daher den äussern Gehörgang mit Wasser, wobei das Trommelfell nicht mehr gespannt werden kann, so werden, wie Ed. Weber zuerst beobachtet hat, starke Schalleindrücke so gehört, als wenn sie im Ohre selber entstünden. Auch darüber, ob der Schall von

lichen Bedeutung für die Schallvorstellung. Alle räumliche Beziehung ist hier nicht selbständig entwickelt, sondern von den andern raumauffassenden Sinnen, dem Gesicht und Getast, erst entliehen. Man darf wohl vermuthen, dass gerade in der Gleichartigkeit ihrer sinnlichen Grundlage die Unmöglichkeit einer räumlichen Ordnung der Gehörsvorstellungen mitbegründet liege. Sie verhalten sich in dieser Hinsicht ähnlich den zwei anderen Sinnen, deren Empfindungen ebenfalls auf die Form intensiver Qualitäten beschränkt bleiben, dem Geruch und Geschmack. Aber es unterscheidet sie wieder der Reichthum ihrer qualitativen Mannigfaltigkeit, die genaue Anpassung der Empfindung an den äusseren Eindruck in Bezug auf den zeitlichen Wechsel desselben, und endlich vor allem die Möglichkeit, die regelmässigeren Schalleindrücke der Klänge und Zusammenklänge in der Empfindung zu analysiren und auf diese Weise jedes Element einer complexen Empfindung in die stetige Tonreihe einzuordnen. Auf diesen Verhältnissen beruht die Eigenschaft der Gehörsvorstellungen, dass sie das wesentlichste Hülfsmittel der Zeitanschauung abgeben, die zwar in der Bewegungsvorstellung bereits angelegt, deren höhere Ausbildung aber ganz und gar an den Gehörssinn gebunden ist.

Die in der unmittelbaren Empfindung geschehende Klanganalyse, durch welche wir den einfachen von dem zusammengesetzten Gehörseindruck unterscheiden, befähigt uns, Klänge, die gleichzeitig oder in zeitlicher Folge gegeben werden, nach ihrer Verwandtschaft in eine gewisse Ordnung zu bringen. Es wiederholt sich hier auf einem zusammengesetzteren Gebiete

---

rechts oder von links kommt, erhalten wir wahrscheinlich durch die Thätigkeit des Trommelfellspanners Aufschluss, indem wir durch seine unwillkürliche Accommodation an die Schallstärke wahrnehmen, ob vorzugsweise das rechte oder das linke Trommelfell in Schwingungen versetzt wurde. Als weiteres Hülfsmittel zur Orientirung über die Richtung des Schalls dient dann die Ohrmuschel, welche aber beim Menschen meist ihre Beweglichkeit eingebüsst hat, so dass nur noch die verschiedene Stärke des von vorn oder von hinten kommenden Schalls einen Anhaltspunkt für die Beurtheilung seiner Richtung bietet. Den von vorn kommenden Schall hören wir nämlich im allgemeinen deutlicher, weil er durch Reflexion an der Ohrmuschel vollständiger im Gehörgang gesammelt wird. Ed. Weber veranschaulichte diese Wirkung, indem er eine künstliche Ohrmuschel umgekehrt vorsetzte, wo dann der von hinten kommende Schall irrthümlich nach vorn verlegt wurde. (Ed. Weber, Berichte der kgl. sächs. Ges. zu Leipzig 1851. S. 29.) E. Mach hat die Vermuthung ausgesprochen, es möchte der Trommelfellspanner durch das seine Thätigkeit begleitende Innervationsgefühl noch eine fundamentalere Aufgabe haben, indem er, der Tonhöhe sich accommodirend, wesentlich die quantitative Feststellung der Tonreihe vermittle. (Sitzungsber. der Wiener Akademie Bd. 48 S. 283.) Aber nach der von Helmholtz gelieferten Analyse der Function des Trommelfells ist die physiologische Grundlage dieser Hypothese zweifelhaft. Der Trommelfellspanner verstärkt nämlich die Wölbung des Trommelfells und vermittelt dadurch eine intensivere Wirkung der Erschütterungen desselben auf die Flüssigkeiten des Labyrinths; dagegen scheinen keine Spannungsänderungen für die Anpassung an verschiedene Tonhöhen erforderlich zu sein. (Vgl. Helmholtz, Pflüger's Arch. I. S. 24.) Ich habe desshalb in Cap. IX. die Annahme bevorzugt, dass die Empfindung der Tonverhältnisse eine unmittelbare, nicht durch begleitende Empfindungen vermittelte sei.

derselbe Vorgang wie bei der Ordnung der einfachen Tonempfindungen[1]. Aber während die Tonreihe aus der unmittelbaren Auffassung gleicher Höhenverhältnisse der Töne hervorgeht und daher der reinen Empfindung angehört, setzt die Ordnung der Klänge die Tonreihe voraus. Sie bringt nämlich solche Klänge zusammen, für die gewisse Glieder der Tonreihe identisch sind: hierin besteht die Klangverwandtschaft. Die Thätigkeit, welche diese Zusammenstellung bewirkt, wird in dem Maasse verwickelter, als die Zahl der neben und nach einander gegebenen theils übereinstimmenden theils aus einander fallenden Klangbestandtheile zunimmt. Der Einklang, die Identität zweier Klänge, liegt schon in der Empfindung, da die Ordnung der Tonreihe die unmittelbare Wiedererkennung übereinstimmender Klänge voraussetzt. Erst bei verschiedenen Klängen fängt die Verwandtschaft an, die ihrem Begriff nach ein Zusammentreffen theils verschiedener theils gleicher Elemente erfordert. Hiermit beginnt denn auch erst das Gebiet der Vorstellung, deren eigentliches Wesen wir in der gesetzmässigen Verbindung einer Mehrheit von Empfindungen erkannt haben[2].

Die Klangverwandtschaft ist doppelter Art. Sie besteht entweder darin, dass gewisse Partialtöne bei einer bestimmten Classe von Klängen immer wiederkehren, wie auch die Höhe des Grundtons und der von dem letzteren abhängigen Obertöne sich ändern mag; hier erscheinen daher gewisse Partialtöne als die constanten Begleiter der mit einander verglichenen Klänge. Oder es können die zusammenfallenden Partialtöne mit dem Schwingungsverhältniss der Grundtöne wechseln, so dass die Höhe der letzteren die Verwandtschaft bestimmt. Wir wollen das erste die constante, das letztere die variable Klangverwandtschaft nennen.

Die constante Klangverwandtschaft bildet das allgemeinste Hülfsmittel zur Erkennung des Ursprungs solcher Klänge, die uns aus früherer Erfahrung bekannt sind. Sie ist es, die der Klangfärbung musikalischer Instrumente und anderer Klangquellen zu Grunde liegt. Doch muss hierbei der Begriff der Klangverwandtschaft etwas weiter als auf die Identität einzelner Partialtöne ausgedehnt werden. Es können nämlich Klänge auch dann verwandt erscheinen, wenn bestimmte Ordnungszahlen der Partialtöne fehlen oder im Gegentheil stark vertreten sind. Hier sind also in Wahrheit die Partialtöne veränderlich; aber da sie ein constantes charakteristisches Verhältniss beibehalten, so muss dieser Fall doch dem Gebiet der constanten Klangverwandtschaft zugerechnet werden. Da

[1] Vergl. S. 363.
[2] Cap. XI. S. 465.

Klangähnlichkeit musikalischer Instrumente beruht zum grössten Theile auf Momenten, die hierher gehören, wie auf dem Fehlen der gerad- und ungeradzahligen Partialtöne, der Heraushebung oder Beseitigung von Obertönen bestimmter Ordnung [1]. Hierzu kommen dann aber in der Regel auch noch constante Obertöne, meistens von sehr bedeutender Tonhöhe, welche aus gleichförmigen Bedingungen der Klangerzeugung entspringen, und zu denen im weiteren Sinne auch gewisse begleitende Geräusche gerechnet werden können, welche in einzelnen Fällen, z. B. bei den Streichinstrumenten, zur Kennzeichnung des Klanges nicht unwesentlich beitragen. Während aber bei den musikalischen Klängen solche wirklich constante Partialtöne nur eine untergeordnete Bedeutung gewinnen, sind sie es, die einer andern sehr wichtigen Classe von Klängen und Geräuschen wesentlich zu Grunde liegen, den Sprachlauten. WHEATSTONE hat zuerst bemerkt, dass die Vocalklänge auf der Hervorhebung bestimmter, für jeden Vocal charakteristischer Partialtöne beruhen [2]. Von DONDERS wurde gezeigt, dass die Mundhöhle als resonanzgebender Raum jene charakteristischen Partialtöne der Vocale verstärkt [3], und HELMHOLTZ hat endlich durch die künstliche Composition der Vocale aus einfachen Stimmgabelklängen für die akustische Seite dieser Theorie den Beweis geliefert [4]. Da die Consonanten nicht mehr eigentliche Klänge sondern Geräusche sind, die ebendesshalb eine Analyse schwerer zulassen, so sind für sie die charakteristischen Partialtöne meistens nicht unmittelbar zu bestimmen. Wahrscheinlich sind oft viele, die sich zu einer unregelmässigen Luftbewegung zusammensetzen, also selbst schon Geräusche bilden, an ihrer Entstehung betheiligt. Doch scheinen bei einigen Consonanten, welche unabhängig von mitgesprochenen Vocalen einen gewissen Klangcharakter an sich tragen, wie dem *P*, *K*, *R* u. s. w., auch einzelne charakteristische Partialtöne nachweisbar zu sein [5]. Indem das menschliche Sprachorgan auf diese Weise Klang- und Geräuschformen von constanter Beschaffenheit erzeugt, wird es gerade geeignet für bestimmte innere Vorgänge immer wieder dieselben Lautzeichen hervorzubringen und auf diese Weise jene Vorgänge in dem Fluss der Vorstellungen zu fixiren. An den ausser uns hervorgebrachten Schalleindrücken lehrt die constante Klangverwandtschaft höchstens gewisse Klangquellen unterscheiden, bei den Sprachlauten ist jede constante Klang- und Geräuschfärbung zu einem Element mannigfacher Vorstellungs- und Gefühlszeichen geworden. Sie gibt nun nicht mehr

[1] Vgl. S. 361.
[2] WHEATSTONE, Westminster Review Oct. 1837.
[3] DONDERS, Archiv f. die holländ. Beiträge für Natur- und Heilkunde I, S. 157.
[4] HELMHOLTZ, Lehre von den Tonempfindungen. 3te Aufl. S. 162 f.
[5] WOLFF, Sprache und Ohr. Braunschweig 1871. S. 23 f.

bloss über den eigenen Ursprung des Klangs, sondern über alles Auskunft, was der sprechende Mensch, aus welchem der Laut entspringt, damit ausdrücken will[1]).

Unter der variabeln Klangverwandtschaft verstehen wir die Thatsache, dass verschiedne Klänge je nach dem Verhältniss ihrer Tonhöhe in wechselndem Grade mit einander übereinstimmen können, während der allgemeine Charakter derselben ungeändert bleibt. Die variable und die constante Klangverwandtschaft sind natürlich nicht ganz unabhängig von einander. Namentlich muss der Umstand, ob ein Klang dem starken Mitklingen der Partialtöne oder dem Mangel derselben, ob er den geradzahligen oder ungeradzahligen Partialtönen seine charakteristische Färbung verdankt, auch die variable Klangverwandtschaft beeinflussen. Es würde uns zu weit führen, die mannigfachen Modificationen zu untersuchen, welche die von der Tonhöhe abhängige Verwandtschaft in Folge dieser Verhältnisse des constanten Klangcharakters erfahren kann. Es mag daher an dem allgemeinsten Fall genügen, der für die Feststellung der variabeln Klangverwandtschaft, wie sie sich in den Gesetzen der musikalischen Harmonie ausgeprägt hat, vorzugsweise bestimmend gewesen ist. Dies ist jene Verwandtschaftsbeziehung, welche die Klänge darbieten, wenn in ihnen der Grundton von höheren Obertönen begleitet wird, deren Schwingungszahlen das 2-, 3-, 4fache u. s. w. der Schwingungszahl des Grundtons betragen, und deren Intensität rasch abnimmt, so dass sie im allgemeinen höchstens bis zum zehnten Partialton zu berücksichtigen sind. Ein Klang von der hier vorausgesetzten Beschaffenheit entspricht nach früheren Erörterungen dem allgemeinsten Schwingungsgesetz tönender Körper, indem die letzteren in der Regel, während sie als ganze schwingen, zugleich in ihren einzelnen Theilen Schwingungen ausführen, die sich wie die Reihe der einfachen ganzen Zahlen verhalten[2]). Wo vermöge besonderer Bedingungen der Klangerzeugung einzelne Glieder dieser Reihe ausfallen, da werden doch in grösseren Zusammenklängen solche Lücken regelmässig ergänzt, wie dies namentlich das Beispiel unserer modernen Harmoniemusik zeigt. Einen in der angegebenen Weise von gerad- und ungeradzahligen Obertönen mit rasch abnehmender Intensität begleiteten Klang können wir darum einen vollständigen Klang nennen. In der That ist ein solcher, während sein eigener Charakter unverändert bleibt, am besten geeignet, die von der Tonhöhe abhängige Klangverwandtschaft hervorzuheben. Da auf der letzteren die Gesetze der musikalischen Klangverbindung beruhen, so kann sie auch die musikalische Verwandtschaft der Klänge genannt werden. Wir

---

[1]) Ueber die Erzeugung der einzelnen Sprachlaute und ihre akustischen Bestandtheile vergl. mein Lehrbuch der Physiologie. 3. Aufl., S. 694 f.

[2]) Vergl. S. 357.

müssen übrigens zwei Fälle derselben unterscheiden: es sind nämlich entweder verschiedene Klänge direct mit einander verwandt; oder sie haben nur gewisse Bestandtheile mit einem und demselben dritten Klang gemein: letzteres wollen wir als indirecte Verwandtschaft bezeichnen. Beide Formen sind hauptsächlich an der Hand der im oben bezeichneten Sinne vollständigen Klänge festgestellt worden. Bei einfachen, der Obertöne entbehrenden Klängen kann von directer Verwandtschaft streng genommen nicht mehr die Rede sein. Wenn trotzdem auch hier bestimmte Intervalle als harmonische, andere als disharmonische empfunden werden, so beruht dies zum Theil vielleicht auf Associationen, indem durch Erinnerung an vollständige Klänge die unvollständigen ergänzt oder die fast niemals ganz fehlenden Obertöne in der Vorstellung verstärkt werden, hauptsächlich aber darauf, dass solchen einfachen Klängen die indirecte Verwandtschaft nicht fehlt, indem die beim Zusammenklang derselben entstehenden Combinationstöne in der unten zu erörternden Weise gemeinsame Grundklänge abgeben. In diesen Verhältnissen liegt es begründet, dass bei den einfachen Klängen, wie HELMHOLTZ[1] bemerkt, das Harmoniegefühl unvollständiger ist. Doch gilt dies aus der oben angegebenen Ursache mehr für die melodische Aufeinanderfolge als für den harmonischen Zusammenklang.

Der Grad der directen Verwandtschaft der Klänge wird durch die Partialtöne derselben bestimmt. Zwei Klänge müssen um so näher verwandt sein, je grösser die Zahl und Stärke der Partialtöne ist, welche sie mit einander gemein haben. Die Stärke der Partialtöne ist aber von ihrer Ordnungszahl abhängig, indem sie im allgemeinen mit steigender Ordnungszahl abnimmt. Aus dieser Regel folgt unmittelbar, dass nur solche Klänge merklich verwandt sein können, bei welchen die Schwingungsverhältnisse der Grundtöne durch kleine ganze Zahlen ausgedrückt werden. Denn nur wenn diese Bedingung zutrifft, stimmen Partialtöne von niedriger Ordnungszahl überein[2].

Man hat den Grund für die bevorzugte Stellung bestimmter Toninter-

[1] Lehre von den Tonempfindungen. 3. Aufl. S. 321.

[2] Stehen z. B. die Grundtöne in dem Verhältniss der Quinte 2 : 3, so hat der erste Ton die Partialtöne 2, 4, 6, 8, 10, 12 ...., der zweite die Partialtöne 3, 6, 9, 12.... Hier fällt der 3te Partialton des ersten mit dem 2ten des zweiten Klangs, ebenso der 6te mit dem 4ten, der 9te mit dem 6ten, der 12te mit dem 8ten u. s. w. zusammen. Beiden Klängen sind demnach mehrere Partialtöne von niedriger Ordnungszahl gemeinsam, deren Stärke hinreicht, sie sogleich als verwandte Klänge erscheinen zu lassen. Anders ist dies z. B. mit dem Verhältniss der Secunde 8 : 9. Hier stimmt erst der 8te Partialton des ersten mit dem 9ten des zweiten Klangs überein, dann wieder der 16te mit dem 18ten u. s. w. Schon die nächsten Partialtöne, die identisch sind, und noch mehr die späteren, besitzen also eine so hohe Ordnungszahl, dass sie jenseits der Grenzen noch empfindbarer Klangbestandtheile liegen.

valle zuweilen unmittelbar in dieser Einfachheit der Schwingungsverhältnisse zu finden geglaubt. Für unsere Empfindung existiren aber nicht die Schwingungszahlen, sondern nur die von ihnen abhängigen Beziehungen der Partialtöne. Insofern jedoch die übereinstimmenden Bestandtheile zweier Klänge zunehmen, wenn das Verhältniss der Schwingungszahlen einfacher wird, kann das letztere allerdings einen gewissen Maassstab der Klangverwandtschaft abgeben. In der That geben die Zahlen, welche die Intervalle der Grundtöne messen, immer zugleich an, welche unter den Partialtönen der beiden Klänge identisch sind. Wir gewinnen so, wenn wir uns auf diejenigen Klangverhältnisse beschränken, bei denen die Ordnungszahlen der coincidirenden Partialtöne binreichend niedrig sind, dass die Grenzen merklicher Klangverwandtschaft nicht erheblich überschritten werden, folgende Reihe [1]).

Intervalle (Grundton C)	Verhältniss der Schwingungszahlen	Ordnungszahlen der zusammenfallenden Partialtöne des tieferen	des höheren Tons
Octave c	1 : 2	2, 4, 6, 8 etc.	1, 2, 3, 4 etc.
Doppeloctave c^1	1 : 4	4, 8, 12, 16	1, 2, 3, 4
Duodecime g	1 : 3	3, 6, 9, 12	1, 2, 3, 4
Quinte G	2 : 3	3, 6, 9, 12	2, 4, 6, 8
Quarte F	3 : 4	4, 8, 12, 16	3, 6, 9, 12
Grosse Sexte A	3 : 5	5, 10, 15, 20	3, 6, 9, 12
Grosse Terz E	4 : 5	5, 10, 15, 20	4, 8, 12, 16
Kleine Terz Es	5 : 6	6, 12, 18, 24	5, 10, 15, 20
Verminderte Septime B—	4 : 7	7, 14, 21, 28	4, 8, 12, 16
Verminderte Quinte Ges—	5 : 7	7, 14, 21, 28	5, 10, 15, 20
Verminderte Terz Es—	6 : 7	7, 14, 21, 28	6, 12, 18, 24
Kleine Sexte As	5 : 8	8, 16, 24, 32	5, 10, 15, 20
Kleine Septime B	5 : 9	9, 18, 27, 36	5, 10, 15, 20
Uebermässige Secunde D+	7 : 8	8, 16, 24, 32	7, 14, 21, 28
Uebermässige Terz E+	7 : 9	9, 18, 27, 36	7, 14, 21, 28
Secunde D	8 : 9	9, 18, 27, 36	8, 16, 24, 32
Grosse Septime H	8 : 15	15, 30, 45, 60	8, 16, 24, 32

[1]) Wegen der Stimmung unserer musikalischen Instrumente nach gleichschwebender Temperatur entsprechen an denselben die Intervalle nur bei den Octaven vollständig dem angegebenen Schwingungsverhältniss. Die hierdurch bedingten Abweichungen des Klangs sind aber so wenig merklich, dass sie die Auffassung der Klangverwandtschaft nicht sehr beeinträchtigen; nur können unter Umständen die in Folge der Abweichung von der reinen Stimmung entstehenden Schwebungen der Obertöne, falls die Klänge gleichzeitig angegeben werden, störend werden. Vergl. hierüber S. 368. Um solche Schwebungen zu vermeiden, bedient man sich am besten rein abgestimmter Zungenpfeifen, deren Klangfarbe durch die deutlich ausgeprägten Obertöne vorzugsweise zur Bestimmung der Klangverwandtschaft sich eignet. Die verminderte Septime, Terz und Quinte, sowie die übermässige Secunde und Terz können auf Instrumenten von constanter Stimmung überhaupt nicht angegeben werden; sie haben in der musikalischen Tonscala keine Stelle gefunden und konnten daher auch in der Tabelle nur durch ein + und — angedeutet werden, welches der ihnen nächstkommenden Note beigefügt ist.

In dieser Reihe sind die zusammenfallenden Partialtöne überall bis zum vierten aufgeführt. Um die Ordnung, in welcher die Klänge nach ihrer Verwandtschaft einander folgen, deutlicher übersehen zu lassen, sind diejenigen übereinstimmenden Klangbestandtheile, die vor dem 10ten Partialton des tieferen Klangs liegen, durch einen einfachen Verticalstrich, die vor dem 6ten Partialton kommenden durch einen Doppelstrich abgesondert. Im allgemeinen lässt sich voraussetzen, dass die Partialtöne bis zum 6ten verhältnissmässig leicht wahrnehmbar sind. Wo vor diesem übereinstimmende Klangbestandtheile vorkommen, ist daher eine mehr oder weniger deutliche Verwandtschaft anzunehmen. Die Partialtöne vom 6ten bis zum 10ten dagegen sind so schwach, dass sie für sich allein keine Klangverwandtschaft begründen können, doch mögen dieselben immerhin, wenn eine solche schon vorhanden ist, auf den Grad derselben von einigem Einfluss sein[1]. Die aufgeführten Intervalle trennen sich in folgende Gruppen:

1) Octave, Doppeloctave, Duodecime. Sie sind vor allen andern Intervallen dadurch ausgezeichnet, dass die Partialtöne des zweiten Klangs sämmtlich mit Partialtönen des ersten zusammenfallen. Der höhere Klang ist also hier eine einfache Wiederholung gewisser Bestandtheile des tieferen; er fügt zu diesem nichts neues hinzu. Ebenso verhält es sich mit allen weiteren Intervallen, bei denen der Zähler des Schwingungsverhältnisses der Einheit gleich ist, wie 1 : 5, 1 : 6 u. s. w. Indem hier überall der höhere Klang lediglich nur die Obertonreihe des tieferen von einer bestimmten Stelle an reproducirt, liegt ein unvollständiger Einklang, nicht eigentlich ein Fall von Klangverwandtschaft vor. Je höher bei dem unvollständigen Einklang der zweite im Verhältniss zum ersten Klange liegt, um so kleiner wird übrigens die Reihe deutlich wahrnehmbarer Partialtöne, die zusammenfallen, um so unvollständiger erscheint daher der Einklang. Dieser ist bei der Doppeloctave schon viel schwächer als bei der Duodecime und vermindert sich noch viel mehr bei den weiter gegriffenen Intervallen, bei denen schliesslich gar keine Partialtöne mehr wirklich zusammenfallen, weil die des höheren Tons erst da beginnen, wo die des tieferen bereits aufgehört haben.

2) Duodecime und Quinte würden Intervalle von gleichem Verwandtschaftsgrad sein, wenn sich der letztere bloss nach den über-

---

Die musikalische Praxis unterscheidet ausser den angegebenen noch andere Intervalle, wie die übermässige Quarte ($^{25}/_{18}$), die übermässige Secunde $^{35}/_{32}$ u. a., aber dieselben liegen so weit jenseits der Grenze der Klangverwandtschaft, dass sie für uns ganz ausser Rücksicht bleiben können.

[1] So wird z. B. der kleinen Terz möglicher Weise nicht bloss desshalb ein geringerer Verwandtschaftsgrad zukommen als der grossen, weil der erste der identischen Partialtöne bei dieser um eine Stufe tiefer liegt, sondern weil ausserdem auch noch der zweite innerhalb der zehn ersten Partialtöne gelegen ist, während er bei der kleinen Terz diese Grenze überschreitet.

einstimmenden Partialtönen und ihrer Ordnungszahl bestimmen liesse. Bei beiden sind bis zur 6ten Stufe des tieferen Klangs zwei, bis zur 10ten drei identische Partialtöne vorhanden. Aber diese Intervalle geben zugleich augenfällige Beispiele für die Verschiedenheit des unvollständigen Einklangs und der Klangverwandtschaft. Die Duodecime ist eine höhere Wiederholung der Quinte, bei der alle nicht übereinstimmenden Partialtöne des zweiten Klangs weggeblieben sind. Unter denjenigen Klangverhältnissen, welche im eigentlichen Sinne verwandt genannt werden können, nimmt somit die Quinte die erste Stelle ein. Sie ist das einzige Intervall, welches auf zwei verschiedene Partialtöne des ersten und auf einen verschiedenen des zweiten Klangs je einen übereinstimmenden hat[1]).

3) Quarte, grosse Sexte und grosse Terz bilden zusammen eine Gruppe von annähernd gleichem Verwandtschaftsgrad. Bei jedem dieser Intervalle ist ein übereinstimmender Partialton innerhalb der fünf ersten, ein zweiter innerhalb der fünf folgenden Stufen der Obertonreihe des Grundklangs enthalten. Das Verhältniss der übereinstimmenden zu den verschiedenen Partialtönen begründet die angegebene Reihenfolge der drei Intervalle. Bei der Quarte kommt nämlich auf 3 auseinanderfallende Partialtöne des ersten und auf 2 des zweiten Klangs, bei der grossen Sexte auf 4 und 2, bei der grossen Terz auf 4 und 3 je ein identischer Partialton. Die kleine Terz aber unterscheidet sich von jenen drei Intervallen nicht nur durch die höhere Ordnungszahl der zusammenfallenden Partialtöne, sondern auch durch die grössere Zahl disparater Klangbestandtheile, indem sie erst auf 5 verschiedene Partialtöne des ersten und auf 4 des zweiten Klangs einen übereinstimmenden enthält[2]).

Bei allen weiteren Intervallen, welche in der obigen Tabelle noch enthalten sind, kann die Klangverwandtschaft als verschwindend klein angesehen werden, da die ersten zusammenfallenden Partialtöne zwischen dem 6ten und 10ten gelegen sind; bei der grossen Septime überschreiten sie sogar diese Grenze. Man sieht aber sogleich, dass diejenigen Intervalle, die wir als verwandte kennen gelernt haben, in der Musik als mehr

---

1) Die Reihe der Partialtöne der beiden Klänge wird nämlich bei der Quinte dargestellt durch die Zahlen:

I (C) 2 4 6 8 10 12 14 16
II (G) 3 6 9 12 15 u. s. w.

2) Die Reihenfolge der Partialtöne ist bei den genannten vier Intervallen die folgende:

Quarte 3:4
I (C) 3 6 9 12 15 18 21 24
II (F) 4 8 12 16 20 24

Grosse Sexte 3:5
I (C) 3 6 9 12 15 18 21 24
II (A) 5 10 15 20 25

Grosse Terz 4:5
I (C) 4 8 12 16 20 24 28
II (E) 5 10 15 20 25 30

Kleine Terz 5:6
I (C) 5 10 15 20 25 30 35 40
II (Es) 6 12 18 24 30 36

oder weniger harmonische Intervalle Geltung haben, und dass sie nach dem übereinstimmenden Harmoniegefühl aller Zeiten genau in die nämliche Reihenfolge gebracht worden sind, in die sie nach ihrer Verwandtschaft sich ordnen. Unter den Intervallen, welche erst durch Partialtöne, die über dem 6ten liegen, verwandt sind, wird noch die kleine Sexte als nahe gleichwerthig der kleinen Terz betrachtet, in der That wird bei ihr die höhere Lage des coincidirenden Partialtons des ersten Klangs durch die tiefere des zweiten etwas ausgeglichen. Noch näher steht an und für sich die verminderte Septime einer deutlichen Verwandtschaft; sie hat aber, weil sie sich zu mehrstimmigen Accorden weniger eignet, in der harmonischen Musik keine Verwendung gefunden.

Wie die Quinte ihren Charakter ändert, wenn sie, um eine Octave höher gelegt, zur Duodecime wird, so tritt dies auch bei allen andern Intervallen ein. Aber keines derselben wird dabei mehr, wie die Quinte, zu einem unvollständigen Einklang, sondern alle andern bleiben innerhalb der Grenzen eigentlicher Verwandtschaft, wobei der Grad der letzteren entweder vermindert oder vergrössert wird. Die Verwandtschaft vermindert sich, wenn die Schwingungszahl des tieferen Klangs eine ungerade, sie vergrössert sich, wenn dieselbe eine gerade Zahl ist. Diese Regel folgt unmittelbar aus der Beziehung der zusammenfallenden Partialtöne zu den Schwingungszahlen. Ist nämlich die kleinere Schwingungszahl geradzahlig, so wird durch Halbirung derselben das Schwingungsverhältniss der Octave gewonnen. Nun ist aber, wie wir gesehen haben, die Schwingungszahl des ersten Klangs zugleich Ordnungszahl für den identischen Partialton des zweiten, die Schwingungszahl des zweiten Klangs Ordnungszahl für den identischen Partialton des ersten. Demnach wird in diesem Fall auch die Ordnungszahl der identischen Partialtöne des zweiten Klangs auf die Hälfte herabgesetzt, während die des ersten ungeändert bleibt. Ist dagegen die kleinere Schwingungszahl ungeradzahlig, so kann das Schwingungsverhältniss der Octave nur durch Verdoppelung der grösseren Schwingungzahl erhalten werden. Jetzt bleibt daher die Ordnungszahl der Partialtöne des zweiten Klangs ungeändert, während die des ersten verdoppelt wird. Von allen Intervallen mit deutlicher Klangverwandtschaft wird demnach nur bei der Quinte und grossen Terz durch den Uebergang zur Octave die Verwandtschaft verstärkt. Die Quinte entfernt sich durch den Uebergang zur Duodecime sogar aus dem Bereich der eigentlichen Klangverwandtschaft, indem sie zu einer der Octave analogen Klangwiederholung wird. Die grosse Terz wird zur grossen Decime mit dem Schwingungsverhältniss 2 : 5, wobei schon der 2te Partialton des zweiten Klangs mit dem 5ten des ersten zusammenfällt. Bei allen andern harmonischen Intervallen vermindert sich die Klangverwandtschaft: so beim

Uebergang der Quarte zur Undecime (3 : 8), der grossen Sexte zur Tredecime (3 : 10), der kleinen Terz zur kleinen Decime (5 : 12) [1].

Von der bisher betrachteten directen Verwandtschaft verschiedener Klänge lässt sich die **indirecte Verwandtschaft** als diejenige unterscheiden, welche in der Beziehung zu einem **gemeinsamen Grundklang** begründet ist. Indirect verwandt nennen wir nämlich solche Klänge, in denen Bestandtheile enthalten sind, welche einem und demselben dritten Klang angehören (S. 501). Nun lässt eine indirecte sowohl ohne jede directe, als auch mit gleichzeitig bestehender directer Verwandtschaft sich denken [2]. In der That ist aber das letztere die ausnahmslose Regel, und zwar in der Weise, dass diejenigen Elemente, durch welche die Klänge direct verwandt sind, immer auch ihre indirecte Verwandtschaft begründen. **Nach den allgemeinen Gesetzen der Klangerzeugung und Klangempfindung bilden nämlich die übereinstimmenden Bestandtheile verwandter Klänge zugleich Bestandtheile eines dritten Klangs, welcher demnach als ihr gemeinsamer Grundklang betrachtet werden kann.** Dieser Satz wird unmittelbar einleuchtend, wenn man erwägt, dass directe Verwandtschaft nur existirt, wenn das Schwingungsverhältniss der Klänge durch kleine ganze Zahlen ausgedrückt werden kann, und dass die Schwingungszahlen der in einem Klang enthaltenen Partialtöne die Reihe der ganzen Zahlen bilden, wobei durch die Einheit die Schwingungszahl des Grundtons ausgedrückt wird. In der Quinte 2 : 3 sind also zunächst die Grundtöne eines jeden Klanges die nächsten Obertöne eines tieferen Klanges von der Schwingungszahl 1. Weiterhin sind aber auch die höheren Partialtöne 4, 6, 8 . . . . und 3, 6, 9 . . . . Obertöne des nämlichen Grundklanges. Ebenso hat für alle andern Intervalle, sobald man dieselben in den einfachsten ganzen Zahlen ausdrückt, der Grundklang, in welchem alle Partialtöne der beiden Klänge als höhere Obertöne enthalten sind, die Schwingungszahl 1.

---

[1] Als Beispiele für das verschiedene Verhalten dieser beiderlei Intervalle seien hier nur die Partialtöne der grossen Terz und Quarte mit ihren Octavversetzungen angeführt.

Grosse Terz
I (C) 4 8 12 16 20
II (E) 5 10 15 20

Grosse Decime
I (C) 2 4 6 8 10
II (e) 5 10

Quarte
I (C) 3 6 9 12 15
II (F) 4 8 12 16

Undecime
I (C) 3 6 9 12 15 18 21 24
II (f) 8 16 24

[2] Es könnten z. B. zwei völlig verschiedene Klänge $A = a, b, c \ldots$ und $B = m, n, o, p \ldots$ indirect verwandt sein, wenn ein dritter Klang $C = a, m, b, o \ldots$ existirte. Aber es können auch die direct verwandten Klänge $A = a, \alpha, b, \beta \ldots$ und $B = m, \alpha, n, \beta \ldots$ ausserdem indirect verwandt sein, weil ein Klang $C = x, \alpha, \beta \ldots$ existirt.

Man bemerkt nun sogleich, dass der Grad der indirecten zu dem der directen Verwandtschaft in einer höchst einfachen Beziehung steht. Es wird nämlich die indirecte Verwandtschaft um so grösser sein, je näher der Grundklang den beiden Klängen, die als seine Bestandtheile angesehen werden können, liegt. Denn da die Stärke der Partialtöne im allgemeinen mit steigender Ordnungszahl abnimmt, so werden die Klänge um so vollständiger als Bestandtheile eines solchen gemeinsamen Grundklanges aufgefasst werden, je nähere Partialtöne desselben sie sind. Hiernach ist die indirecte Verwandtschaft bei Octave, Duodecime, Doppeloctave u. s. w. am grössten, indem bei allen diesen Intervallen, bei denen die Schwingungszahl des tieferen Klangs der Einheit gleich ist, die Entfernung des Grundklangs gleich null wird. Der letztere fällt hier unmittelbar mit dem tieferen Klang zusammen. Ebendesshalb kann aber in diesem Fall auch von indirecter Verwandtschaft nicht eigentlich die Rede sein. Der höhere Klang ist hier ein Bestandtheil des tieferen, beide sind nicht erst in einem und demselben dritten Klange enthalten. Die im engeren Sinne verwandten Intervalle ordnen sich dann in derselben Reihenfolge an einander, wie nach ihrer directen Verwandtschaft, wie die folgende kleine Tabelle zeigt, welche zu jedem der Intervalle den Grundklang und dessen Entfernung angibt.

Intervall	Grundklang	Entfernung desselben nach unten vom tieferen	vom höheren Klang
Quinte (C : G) . . .	C_1	Octave	Duodecime
Quarte (C : F) . . .	F_2	Duodecime	Doppeloctave
Grosse Sexte (C : A) .	F_2	Duodecime	Doppeloctave und Terz
Grosse Terz (C . E) .	C_2	Doppeloctave	Doppeloctave und Terz
Kleine Terz (C : Es) .	As_3	Doppeloctave und Terz	Doppeloctave u. Quinte

So lange uns verschiedene Klänge nur in ihrer Aufeinanderfolge gegeben werden, ist die Beziehung durch directe Verwandtschaft natürlich eine innigere als die durch indirecte. Aber dies wird anders, sobald dieselben einen Zusammenklang bilden. In diesem Falle entstehen nämlich, wie wir früher erfahren haben, Combinationstöne [1], unter denen der erste Differenzton, derjenige, dessen Schwingungszahl der Differenz der beiden Klänge entspricht, am stärksten ist. Dieser Combinationston fällt nun bei allen Intervallen, deren Schwingungszahlen um eine Einheit verschieden sind, mit dem Grundton des Grundklangs zusammen: der letztere wird also beim Zusammenklang selbst gehört, so dass die Bestandtheile der beiden Klänge unmittelbar als dessen höhere Partialtöne aufgefasst werden können. Je näher dann der Combinationston den direct angegebenen Klängen liegt, um so mehr gleicht er im Verein mit dem Zusammenklang einem vollständigen

[1] Vergl. S. 366.

Klang, dessen Partialtöne in grosser Stärke erklingen. Entfernt er sich weiter, so bleibt zwischen ihm und dem angestimmten Intervall ein grösserer Zwischenraum unausgefüllt, welcher gerade solchen Partialtönen entspricht, die in einem vollständigen Klang sehr deutlich zu hören sind; hier bildet daher der Combinationston mit den direct angegebenen Klängen eine unvollkommnere Klangeinheit. So hat die Quinte 2:3 den Combinationston 1, sie bildet also mit ihm zusammen die drei tiefsten Partialtöne eines vollständigen Klanges. Dagegen fällt schon bei der Quarte, welche mit ihrem Combinationston den Dreiklang 1:3:4 bildet, der 2te Partialton aus; bei der grossen Terz (1:4:5) ist dasselbe mit dem 2ten und 3ten, bei der kleinen Terz (1:5:6) sogar mit dem 2ten, 3ten und 4ten Partialton der Fall. Demnach ist bei der Quinte die indirecte Klangverwandtschaft am grössten: im Zusammenklang ist sie die getreue Nachbildung eines vollständigen Klangs, nur dadurch von diesem verschieden, dass der Grundton geschwächt, und dass die zwei ersten Partialtöne verstärkt sind. Dagegen wird bei der Quarte, der grossen und kleinen Terz die Verwandtschaft eine immer unvollkommnere. In der Musik hat daher auch die grosse Terz hauptsächlich die Bedeutung, dass sie die Quinte ergänzt, indem sie, wie wir unten sehen werden, mit ihr zusammen eine vollkommenere Nachbildung des vollständigen Klangs erzeugt. Die Quarte und kleine Terz dagegen sind blosse Umkehrungen der Quinte und grossen Terz. Nimmt man nämlich statt des tieferen Tons der Quarte dessen höhere Octave, so bildet das neu entstehende Intervall F:C eine Quinte: man kann daher auch die Quarte als eine Quinte betrachten, deren höherer Ton um eine Octave vertieft ist. Sieht man ferner, wie oben schon angedeutet, die grosse Terz als Ergänzung der Quinte an, so entsprechen dem hierdurch entstehenden Dreiklang die Schwingungsverhältnisse 4:5:6, indem 4:6 die Quinte, 4:5 aber die grosse Terz bildet; das übrig bleibende Intervall 5:6 ist eine kleine Terz. Die letztere ergänzt somit in ähnlicher Weise die grosse Terz zur Quinte, wie diese durch die Quarte zur Octave ergänzt wird.

Von diesen Intervallen, welche beim Zusammenklingen unmittelbar ihren gemeinsamen Grundton erzeugen, unterscheiden sich wesentlich diejenigen, deren einfachste Schwingungszahlen um mehr als eine Einheit verschieden sind. Bei ihnen entspricht der Combinationston nicht dem gemeinsamen Grundklang, sondern irgend einem Oberton des letzteren. Hierher gehört die Duodecime (1:3), welche die Octave 2 des tieferen Tons zum Combinationston hat. Sie enthält daher mit dem letzteren zusammen, gleich der Quinte, die drei tiefsten Partialtöne eines vollständigen Klanges; sie unterscheidet sich von der Quinte dadurch, dass nicht der tiefste, sondern der mittlere dieser Partialtöne schwächer mitklingt. Ferner gehören

hierher die grosse Sexte (3 : 5), die kleine Sexte (5 : 8), kleine Septime (5 : 9) u. s. w. Bei der grossen Sexte ist der Combinationston die tiefere Quinte, bei der kleinen Septime die grosse Terz, bei der kleinen Sexte ist er die tiefere grosse Sexte des ersten Klangs. In allen diesen Fällen ist die Verwandtschaft der zusammenklingenden Töne eine weniger vollkommene, indem hier immer erst ein Differenzton höherer Ordnung gemeinsamer Grundton ist [1]).

Directe und indirecte Klangverwandtschaft treffen nicht nur immer zusammen, sondern es sind auch je zwei Klänge sowohl direct als indirect immer im gleichen Grade verwandt. Offenbar nämlich werden wir als Maass der directen Verwandtschaft die Entfernung des ersten gemeinsamen Obertons, als Maass der indirecten die Entfernung des gemeinsamen Grundtons, der beim Zusammenklang als Differenzton erster oder höherer Ordnung zu hören ist, benützen können. Nun ergibt sich aus der auf S. 502 mitgetheilten Tabelle, dass z. B. bei der Quinte der nächste zusammenfallende Oberton der 3te Partialton, also die Duodecime, des ersten, und der 2te, also die Octave, des zweiten Klangs ist. Nach der kleinen Tafel auf S. 507 liegt aber der Grundklang der Quinte eine Octave unter dem tieferen, eine Duodecime unter dem höheren Ton. Das ähnliche Verhältniss stellt sich in Bezug auf die übrigen Intervalle heraus. Der gemeinsame Grundton liegt bei allen Intervallen ebenso weit von dem tieferen wie der gemeinsame Oberton von dem höheren der beiden Klänge entfernt. Aber während der letztere immer gehört wird, ob man nun die Klänge gleichzeitig oder successiv angibt, kann der erstere nur beim Zusammenklang zu einem wirklichen Bestandtheil der Empfindung werden.

Weniger einfach gestaltet sich die Beziehung der beiden Arten der Klangverwandtschaft, wenn statt zweier Klänge drei oder mehrere mit einander in Verbindung treten, was abermals entweder in der Form der Aufeinanderfolge oder des Zusammenklangs geschehen kann. Der Grad der directen Verwandtschaft wird auch in diesem Fall durch diejenigen Partialtöne bestimmt, welche den mit einander verbundenen Klängen gemeinsam sind. Die Zahl dieser für alle Klänge identischen Partialtöne nimmt natürlich mit der Zahl der verbundenen Klänge ab, dagegen werden dieselben durch ihre mehrfache Häufung weit stärker gehoben. Aehnlich verhält es sich mit dem gemeinsamen Grundton. Dieser drängt sich bei mehrfachen Klängen intensiver zur Auffassung und erscheint darum

[1]) Bei der grossen Sexte und kleinen Septime ist dies z. B. der Differenzton zweiter Ordnung, weil hier Combinationstöne erster Ordnung Quinte und grosse Terz sind; bei der kleinen Sexte, deren Differenzton die grosse Sexte ist, stimmt aber erst ein Differenzton dritter Ordnung mit dem gemeinsamen Grundklang überein.

deutlicher als Grundton der ganzen Klangmasse. Hierzu bildet jedoch eine wesentliche Bedingung, dass der Grundton den zusammenwirkenden Klängen hinreichend nahe liege, um mit ihnen eine Klangeinheit bilden zu können. Diese Bedeutung des Grundtons tritt ganz besonders dann hervor, wenn derselbe beim Zusammenklang zugleich gemeinsamer Combinationston ist, weil er nur im letzteren Fall unmittelbar selbst in dem Zusammenklang gehört wird.

Die mehrfachen Klangverbindungen unterscheiden sich von dem Zweiklang wesentlich dadurch, dass bei ihnen der gemeinsame Grundton und Oberton nicht mehr gleich weit von den direct angegebenen Klängen entfernt sind. Bei den einen ist der erste, bei den andern der zweite der nähere. Dies ist der wesentliche Unterschied der Dur- und Mollaccorde in der Musik. Zugleich klingt bei den Duraccorden der gemeinsame Grundton selbst als Combinationston mit: er bildet zusammen mit den Haupttönen des Accords eine deutliche Klangeinheit. Bei den Mollaccorden muss derselbe hinzugedacht werden; er tritt in dem Zusammenklang nur als ein Differenzton höherer Ordnung auf, der wegen seiner verschwindenden Intensität für die unmittelbare Auffassung nicht in Rücksicht kommt. Wir wollen beispielsweise den *C*-Dur- und den *C*-Moll-Accord in seine Klangbestandtheile zergliedern. Die Haupttöne des ersteren sind $c : e : g$ mit den Schwingungszahlen $4 : 5 : 6$. Der gemeinsame Grundton 1 ist das 2 Octaven unter c liegende C_1, welches als gleichzeitiger Differenzton von $c : e$ und $e : g$ deutlich den Accord begleitet; nebenbei wird schwächer der Differenzton C gehört, welcher der Quinte $(4 : 6)$ entspricht. Da die Obertöne eines jeden Tons durch Vielfache seiner Schwingungszahl ausgedrückt werden, so muss ferner der erste gemeinsame Oberton einem Vielfachen der Schwingungszahl eines jeden der drei Töne entsprechen, d. h. diese Zahl muss durch 4, 5 und 6 theilbar sein. Hieraus folgt, dass der übereinstimmende Oberton die Schwingungszahl 60 hat. Es ist dies der 10te Partialton des g, das um 3 Octaven und eine Terz von demselben entfernte h'''. Für den Mollaccord $c : es : g$ ist $10 : 12 : 15$ das einfachste Verhältniss der Schwingungszahlen. Sein gemeinsamer Grundton ist wieder 1, d. h. derjenige tiefere Ton, dessen 10ter Partialton c ist. Dies ist das 3 Octaven und eine Terz unter c liegende As_3, welches zu keinem der Intervalle Combinationston erster Ordnung ist, also auch beim Anstimmen des Accords nicht merklich gehört wird. Die hörbaren Combinationstöne haben die Zahlen 2, 3 und 5, sie sind As_2, D_1 und C; aber diese Combinationstöne coincidiren nicht, keiner ist daher als gemeinsamer Bestandtheil der ganzen Klangverbindung ausgezeichnet, und nur der dritte wiederholt sich im Accord als höhere Octave. Der erste übereinstimmende Oberton des Mollaccords hat wieder-

die Schwingungszahl 60, er ist der 4te Partialton oder die 2te Octave des Tones g, das g''. In der That hört man beim Anschlagen des C-Mollaccords dieses g'' deutlich mitklingen, während der identische Partialton des C-Duraccords wegen seiner hohen Ordnungszahl nicht mehr wahrgenommen werden kann. Beide Zusammenklänge unterscheiden sich also dadurch, dass die Töne des Duraccords als Bestandtheile eines einzigen Grundklangs erscheinen, die des Mollaccords dagegen einen hohen Partialton gemeinsam haben. Beide Zusammenklänge ergänzen sich ausserdem, indem der gemeinsame Grundton des Duraccords ebenso weit unter dem tiefsten Hauptton wie der gemeinsame Oberton des Mollaccords über dem höchsten Hauptton des Zusammenklangs liegt. Jene Gleichheit der Distanz von Grund- und Oberton, welche den einzelnen Zweiklang auszeichnet, vertheilt sich also auf zweierlei Dreiklänge. Hierin liegt zugleich die bestimmte Hindeutung, dass die Unterschiede von Dur und Moll nicht willkürlich erfunden, sondern in der Beschaffenheit unserer Klangauffassung naturgesetzlich begründet sind.

Aus den Stammaccorden der Dur- und Molltonart entspringen abgeleitete Dreiklänge, wenn man zuerst die Reihenfolge der drei Klänge verändert und dann die so entstandenen zwei Intervalle wieder auf den nämlichen Grundton zurückbezieht. Durch solche Umlagerung werden aus den Dreiklängen $c:e:g$ und $c:es:g$ die folgenden vier weiteren Accorde gewonnen:

3) $e : g : c' = c : es : as$ (5 : 6 : 8) — Kl. Sexte; Kl. Terz, Quarte

4) $es : g : c' = c : e : a$ (12 : 15 . 20) — Gr. Sexte; Gr. Terz, Quarte

5) $g : c' : e' = c : f : a$ (6 : 8 : 10) — Gr. Sexte; Quarte, Gr. Terz

6) $g : c' : es' = c : f : as$ (15 : 20 : 24) — Kl. Sexte; Quarte, Kl. Terz

In jedem dieser Accorde ist nur e i n e grosse oder kleine Terz enthalten, die andere ist durch eine Quarte, die Quinte durch eine grosse oder kleine Sexte ersetzt. In Folge dessen ändern sich die Grade der directen und indirecten Klangverwandtschaft. Nur der Accord 5 hat einen Grundton (= 2), welcher zugleich gemeinsamer Combinationston erster Ordnung für die beiden Intervalle $g:c'$ und $c':e'$ ist: er ist die tiefere Duodecime des ersten Tons, also bei der Lage $g\ c'\ e'$ der Ton B, der, wie im Stammaccord, 2 Octaven unter dem direct angegebenen c' liegt; ausserdem klingt c (= 4) als weiterer Combinationston mit. Der Accord 3 hat die einzelnen Differenztöne $C_1 = 1$, $C = 2$ und

$G = 3$, welche sämmtlich wieder ursprüngliche Bestandtheile des Accords sind, ohne dass jedoch, wie im vorigen Fall, zwei derselben coincidiren. Zum Accord 4 gehören $Es_1 = 3$, $C = 5$ und $B = 8$ als Combinationstöne, von denen nur die beiden ersten zugleich Klangbestandtheile sind. Zum Accord 6 gehören endlich $C = 5$, $As_1 = 4$ und $H— = 9$, von denen nur C im ursprünglichen Klang enthalten ist, während As und $H—$ fremdartige Bestandtheile sind. Demnach erzeugen die Duraccorde 3 und 5 lauter Combinationstöne, in denen sich Theile des Accords in tieferer Lage wiederholen; unter ihnen steht aber der Dreiklang $g : c' : e'$ dem Stammaccord am nächsten, weil auch er bloss tiefere C's zu Differenztönen hat, darunter eines, welches coincidirender Differenzton und zugleich Grundton der ganzen Klangmasse ist. Bei den Mollaccorden stimmt nur ein Theil der Combinationstöne erster Ordnung mit den ursprünglichen Accordbestandtheilen überein. Anders verhält es sich mit den höheren Partialtönen der einzelnen Klänge. Hier liegen wieder die übereinstimmenden Obertöne bei den aus dem Stammaccord der Molltonart hervorgegangenen Dreiklängen 4 und 6 den Grundtönen des Accords viel näher als bei den Duraccorden 3 und 5, bei denen sie völlig ausser das Bereich der deutlichen Wahrnehmbarkeit fallen. Bei den Accorden 3 und 5 coincidirt nämlich erst ein Oberton von der Schwingungszahl 120, d. h. bei 3 der 15te, bei 5 der 12te Partialton des höchsten Klangs. Der Accord 4 hat dagegen einen übereinstimmenden Oberton von der Schwingungszahl 60, welcher der 3te Partialton, der Accord 6 einen solchen von der Schwingungszahl 120, welcher der 5te Partialton des höchsten der drei Klänge ist. Auch ist dieser gemeinsame Oberton nur bei den Mollaccorden die Wiederholung eines ursprünglichen Klangbestandtheils in höherer Lage: beim Accord $es : g : c'$ ist es der Ton g'', wie im Stammaccord, bei $g . c' : es'$ dessen höhere Octave g'''. Demnach steht der Accord 4 dem Moll-Stammaccord am nächsten, ähnlich wie 5 dem Dur-Stammaccord. — Die harmonischen **Vierklänge** bedürfen hier keiner näheren Betrachtung, da dieselben nur Dreiklänge sind, deren einer Bestandtheil in der Octave wiederholt wird.

Eine wesentliche Bedingung für die Ordnung unserer Gehörempfindungen zu Vorstellungen ist die **Aufeinanderfolge der Eindrücke**. Der Zusammenklang bietet zwar durch die entstehenden Combinationstöne eine ausgezeichnete Veranlassung, um die indirecte Klangverwandtschaft deutlicher hervortreten zu lassen; aber in der Succession der Klänge liegt doch der Ursprung aller Vergleichung und Analyse derselben, da uns sonst kein Anlass gegeben würde, überhaupt verschiedenartige Klänge von einander zu sondern. An einer unveränderlich fortdauernden Schallempfindung würde sich nie unterscheiden lassen, ob sie von einfacher oder zusammengesetzter Beschaffenheit sei. Die Ordnung und Analyse der Klänge gründet sich daher auf den **qualitativen** Klangwechsel. Indem verschiedene Klangverbindungen sich ablösen, werden einzelne Bestandtheile der successiv erfassten Klänge als gemeinsame, andere als verschiedenartige herausgehoben. Für die Entwicklung und Vervollkommnung der

Zeitauffassung ist jedoch der intensive Klangwechsel von grösserer Bedeutung. Ein und derselbe Klang kann stärker oder schwächer angegeben werden. Folgen solche Hebungen und Senkungen mit einer gewissen Regelmässigkeit auf einander, so werden dadurch die Klänge rhythmisch gegliedert. Verbindet sich damit eine gewisse Regelmässigkeit auch in dem qualitativen Klangwechsel, so entsteht die Melodie. Die besonderen Regeln, nach denen Rhythmus und Melodie sich aufbauen, werden durch das ästhetische Gefühl dictirt und fallen daher ausser das Bereich der gegenwärtigen Untersuchung. Aber ihre letzte Begründung haben auch sie in den psychologischen Gesetzen, nach denen sich die auf einander folgenden Empfindungen zu Vorstellungsreihen verbinden. Die für Rhythmus und Melodie geltenden Bestimmungen werfen daher ihrerseits Licht auf die zeitliche Verbindung der Schallvorstellungen und ihre Beziehung zur Zeitanschauung überhaupt.
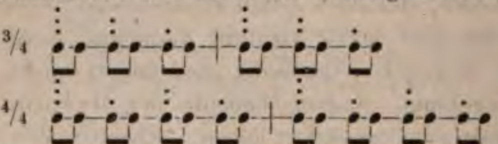
Ein unveränderlich fortdauernder Klang führt keinerlei Motive für unser Bewusstsein mit sich, ihn nach Zeitabschnitten einzutheilen. Die einfachste Weise, in welcher eine solche Theilung veranlasst werden kann, ist die, dass der Klang, während er qualitativ unverändert bleibt, in seiner Intensität ab- und zunimmt. Indem Momente der Hebung (Arsis) und der Senkung (Thesis) auf einander folgen, scheiden sich dieselben in unserm Bewusstsein von einander. Jede Hebung wird als eine Wiederholung der vorangegangenen aufgefasst. Zugleich wird, sobald der Wechsel regelmässig geschieht, in jedem Moment der Senkung eine Hebung erwartet, und umgekehrt. So enthält diese einfachste Form rhythmischer Gliederung bereits die volle Zeitanschauung mit ihrer Rückbeziehung der gegenwärtigen Eindrücke auf vergangene und zukünftige. Sein nächstes Vorbild hat aber der intensive Klangwechsel in den Innervationsgefühlen, welche unsere eigenen Bewegungen begleiten. Denn in dem Bau der Bewegungswerkzeuge, namentlich der Organe der Ortsbewegung, liegt die Disposition zu einem regelmässigen rhythmischen Wechsel der Bewegungen begründet. So associirt sich denn auch beim Tanz, beim Marsch und beim Taktschlagen mit einem fast unwiderstehlichen Zwang dem Wechsel der Klangeindrücke eine entsprechende rhythmische Folge unserer Bewegungen.

An und für sich kann die Intensität des Klangs alle möglichen Grade zwischen null und der Empfindungshöhe durchlaufen. Aber die rhythmische Gliederung der Klänge wird von diesen bedeutenden Intensitätsabstufungen wenig berührt. In sie geht nur zunächst die Intensität null, als rhythmische Pause, ein, und ausserdem scheiden sich die stärkere und schwächere Intensität als Arsis und Thesis, wobei jedes dieser beiden rhythmischen Elemente im Vergleich zu dem andern, das ihm vorausgeht oder nachfolgt, bestimmt wird. Nur eine Erweiterung erfährt noch diese

einfache Gliederung, indem unter Umständen die Hebung in eine starke und schwache oder selbst in eine starke, eine mittlere und eine schwache, also in drei Grade sich sondert. Mehr als drei Hebungen von abgestufter Stärke kommen nicht vor, weder in den poetischen noch in den musikalischen Rhythmen. Die Ursache hiervon kann nur in unserer begrenzten zeitlichen Auffassung liegen, da rhythmische Gebilde mit einer beliebig grösseren Zahl verschieden starker Hebungen gedacht und construirt werden können. Das einfachste rhythmische Gebilde, welches aus einer gewissen Zahl wohl überschaubarer Hebungen und Senkungen des Klangs besteht, nennt man den Takt[1]). Die möglichst einfache Taktform ist der $^2/_8$-Takt, in welchem Hebung und Senkung ohne weitere Gradabstufung der ersteren regelmässig mit einander wechseln:

$^2/_8$

Die obere Grenze der gebräuchlicheren Taktformen bilden dagegen der $^3/_4$- und $^4/_4$-Takt, in denen alle drei Grade der Hebung vertreten sind, nämlich:



Eine mittlere Stellung nimmt der $^2/_4$-Takt ein, in welchem sich zwei Grade der Hebung unterscheiden lassen:

$^2/_4$

Mehrere andere Taktformen, die noch angenommen werden, lassen sich auf die vier hier aufgezählten vollständig zurückführen, so der $^2/_1$ und $^2/_{16}$ auf den $^2/_8$, der $^3/_2$ auf den $^3/_4$, der $^2/_2$ und $^4/_8$ auf den $^2/_4$ Takt; andere sind Erweiterungen derselben, bei welchen die Zahl der Senkungen, die einer Hebung folgen, um eine oder einige vermehrt ist. Auf diese Weise entspringt aus dem $^2/_8$ der $^3/_8$, aus dem $^3/_4$ der $^9/_8$, aus dem $^4/_4$ der $^6/_4$ und $^{12}/_8$, aus dem $^2/_4$ der $^5/_8$ Takt[2]). Endlich können zwei einfachere Takt-

[1]) Im poetischen Metrum den Fuss, nach der Sitte der Alten, welche den Fuss zum Takttreten benützten.

[2]) Die eben genannten Takte lassen sich nämlich in folgender Weise symbolisiren:

$^3/_8$

$^5/_8$ oder

$^9/_8$ =

$^{12}/_8$

formen in regelmässigem Wechsel eine zusammengesetztere bilden: so ist der $^5/_4$ Takt nur eine Combination des $^3/_4$ und $^2/_4$ Taktes[1]).

Alle hier aufgezählten Taktformen können in zwei- und in dreigliedrige, sowie in gemischte, die gleichzeitig aus zwei- und dreigliedrigen Elementen aufgebaut sind, gesondert werden[2]). Für die ersteren bildet der einfache Wechsel von Hebung und Senkung, wie er im $^2/_8$ Takte gegeben ist, den Grundtypus. Die dreigliedrigen Takte aber haben offenbar ihren Ursprung darin, dass ein gehobener Klang nicht bloss durch den regelmässigen Wechsel mit einer Senkung, sondern auch dadurch, dass er immer zwischen zwei Senkungen eingeschlossen ist, für unsere Auffassung abgesondert werden kann. Die Grundform aller ungeradzahligen Takte ist daher der $^3/_8$ Takt in folgender Gestalt:

Dass man alle Takte mit dem schweren Taktttheil, und zwar bei den zusammengesetzteren Taktformen immer mit der stärksten Hebung, beginnen lässt, um, wenn das Ganze in Wirklichkeit mit einer Senkung anhebt, diese als sogenannten Auftakt voranzustellen, ist nur eine Sache der Uebereinkunft. In Wirklichkeit kann jeder Takt ebensowohl mit der Arsis wie mit der Thesis beginnen, und für die Bildung der zweigliedrigen Takte müssen in der That die beiden Formen

und

als gleich möglich gelten. Anders verhält sich dies mit den dreigliedrigen

---

$^6/_4$

Die letztere Taktform nähert sich schon der Grenze der Uebersichtlichkeit und kommt daher selten vor. Zuweilen hat man auch einen $^9/_4$ Takt angewandt, dieser müsste aber, wenn er keine blosse Wiederholung des $^7/_8$ Taktes sein sollte, folgende Accentuation besitzen:

d. h. es müssten vier Grade der Arsis unterschieden werden, eine Taktform, die sich, da sie nicht mehr übersehen werden kann, von selbst in ihre rhythmischen Bestandtheile auflöst.

[1]) Nämlich

$^3/_4$ $^2/_4$

[2]) Die gewöhnliche Unterscheidung in geradzahlige und ungeradzahlige Taktformen ist eine rein äusserliche, die über den wirklichen Aufbau des Rhythmus keine Rechenschaft gibt. HAUPTMANN unterscheidet ein zwei-, drei- und vierzeitiges Metrum: davon zerfällt aber das letztere immer in zwei Glieder. Vergl. HAUPTMANN, die Natur der Harmonik und Metrik. Leipzig 1853. S. 226 f.

Takten. Hier zeigt die Praxis sowohl der modernen wie der antiken Rhythmik, dass der schwere Tacttheil immer zwischen zwei leichteren eingeschlossen ist, die entweder die gleiche Betonung haben oder wieder unter sich von verschiedener Schwere sein können; niemals aber ist der leichte Taktheil von zwei gleich schweren umfasst. Es sind also hier nur die Grundformen

und oder

möglich, nicht aber

[1]

Hieraus geht hervor, dass die dreigliedrigen Takte, wenn sie ihrer Bildung gemäss dargestellt werden sollten, durchweg mit der Senkung beginnen müssten[2].

Eine gewisse Anzahl von Takten vereinigt sich zur rhythmischen Reihe[3]; aus einer Anzahl von Reihen baut die rhythmische Periode sich auf. Auch diese zusammengesetzteren Bestandtheile des Rhythmus sind eingeschlossen zwischen einer unteren und einer oberen Grenze. Die untere Grenze entspricht der kleinsten Anzahl einfacherer rhythmischer Gebilde, welche zusammengefasst werden können, die obere entspringt auch hier aus dem Umfang unserer zeitlichen Auffassung. So besteht die kleinste rhythmische Reihe aus zwei Takten, die grösste wird, wie die musikalische und die poetische Metrik übereinstimmend zeigen, durch sechs Takte gebildet. In der Musik ist das Mittel zwischen diesen Extremen, die geradzahlige Reihe aus vier Takten, die gewöhnliche Form. Rhythmische Reihen, welche über den Sechstakt (die Hexapodie) hinausgehen, lassen sich kaum mehr übersehen. Auch für die Periode (oder Strophe) ist wieder zwei die kleinste Zahl Reihen, aus denen sie sich zusammensetzt, und sie ist zugleich die gewöhnliche: die erste Reihe bildet den Vorder-,

---

[1] Es könnte scheinen, als wenn die antike Rhythmik diesem Gesetz widerspräche, da die Alten bei den dreitheilig ungeraden Takten häufig zwei Hebungen auf eine Senkung unterscheiden. Dies beruht aber, wie Westphal bemerkt, lediglich darauf, dass die Alten da, wo ein mittelschwerer Taktheil vorkommt, diesen ebenfalls als Hebung zu bezeichnen pflegen. Vergl. Westphal, System der antiken Rhythmik Breslau 1865. S. 39.

[2] Darnach würde die auf S. 514 gebrauchte gewöhnliche Schreibweise in folgende umzuändern sein:

9/8 12/8

Der 5/8 Takt zerfällt in einen drei- und zweigliedrigen:

5/8 oder

[3] Sie wird in der musikalischen Metrik gewöhnlich als Absatz, in der poetischen als Verszeile bezeichnet.

die zweite den Nachsatz. Verhältnissmässig seltener, und fast nur in der poetischen Rhythmik, die in dieser Beziehung wegen ihrer sonstigen Einförmigkeit einen grösseren Umfang zulässt, können drei, vier und selbst fünf Reihen mit einander verbunden werden[1]. Die Zahl einfacherer, rhythmischer Gebilde, die in zusammengesetztere vereinigt werden können, nimmt demnach mit steigender Complication immer mehr ab. Während der Takt sehr wohl 12 Intensitätswechsel des Klanges enthalten kann (wie im $^{12}/_{8}$ Takt), erreicht die Reihe höchstens 6 Takte, die Periode 4, nur ausnahmsweise noch 5 Reihen. In der Musik wird das in Takte, Reihen und Perioden gegliederte Ganze häufig mehrmals in grössere Abschnitte oder Sätze gefügt. Aber diesen Abschnitten fehlt die rhythmische Uebersichtlichkeit. Sie finden ihren Zusammenhang nicht in rhythmischen Motiven, sondern in der Melodie: hier ist daher auch die Verbindung eine weit entferntere, wobei nur im allgemeinen die Erinnerung an das früher gehörte vorausgesetzt wird, ohne dass jedoch bestimmte Grenzen des Umfangs, innerhalb deren dies noch geschehen kann, nachzuweisen wären.

Erst die systematische, von Takten zu Reihen, von diesen zu Perioden fortschreitende rhythmische Eintheilung eines Ganzen successiver Klangvorstellungen ermöglicht die zeitliche Uebersicht und Zusammenfassung desselben. Die Reihe wird durch Takte, die Periode durch Reihen zusammengehalten: für sich würde jedes dieser grösseren rhythmischen Gebilde aus einander fallen; und wie jedes nur eine begrenzte Grösse erreichen kann, bis zu der es allein von unserer Zeitauffassung zu bewältigen ist, so findet der ganze rhythmische Aufbau seine Grenze hinwiederum in der Periode. Das rhythmische Element aber, auf welches alle zusammengesetzten Bildungen zurückführen, ist der Takt. Indem dieser eine constante Anzahl von Hebungen und Senkungen in sich enthält, nimmt er eine bestimmte Zeitdauer in Anspruch. Die Vorstellung der Zeitdauer und ihrer Eintheilung findet daher nicht nur ihren Ausdruck im Rhythmus, sondern sie vervollkommnet sich auch wesentlich mittelst desselben. Von den Zeitverhältnissen eines Ereignisses haben wir nur dann eine einigermaassen genaue Vorstellung, wenn dasselbe in rhythmischer Form abläuft. Ursprünglich aber ist ausser unserer eigenen Bewegung nur den Klangvorstellungen das rhythmische Maass eigen. Der Gesichtssinn nimmt erst, indem er die Bewegung objectiv auffassen lernt, daran Theil. Von unserer Bewegung her, in der wir das Rhythmische am frühesten finden, nen-

---

[1] Als Beispiel einer fünfgliedrigen Periode vergl. GOETHE's Kophthisches Lied »Geh', geborche meinen Winken« u. s. w. Werke Bd. 1, S. 144), s. a. WESTPHAL, Theorie der neuhochdeutschen Metrik. Jena 1870. S. 77. Eine fünfgliedrige Periode steht, wie dieses Beispiel zeigt, schon sehr hart an der Grenze, wo die Uebersichtlichkeit aufhört.

nen wir daher den Rhythmus überhaupt eine nach genau bestimmtem Maass fortschreitende Bewegung. Aber in der Feinheit, mit der es die Schritte der rhythmischen Bewegung auffasst, übertrifft dann unser Ohr weit die ursprünglichen Bewegungsgefühle. Es unterscheidet einerseits Zeittheile, die bei der eigenen Bewegung nicht entfernt mehr wahrnehmbar sind, noch deutlich als Bruchtheile eines Taktes, und es vermag anderseits in Rhythmen sich zu vertiefen, deren langsamer Fortschritt in der Bewegung unseres Körpers nicht mehr nachgebildet werden kann.

Verbindet sich mit der Intensitätsänderung zugleich ein Wechsel in der Qualität der Klänge, so ist damit die Grundlage der Melodie gegeben. Die melodische Bewegung, die immer innerhalb der rhythmischen geschehen muss, kann aber entweder dem Gebiet der constanten oder demjenigen der variabeln Klangverwandtschaft angehören. Nur die letztere umfasst die Melodie im musikalischen Sinne, die erstere liegt der poetischen Kunstform zu Grunde. Nach der Metrik der neueren Dichter muss die betonte Silbe mit einer Hebung, die unbetonte mit einer Senkung zusammenfallen, während Reihe und Periode einzig und allein durch die logische Zusammengehörigkeit des Satzes sich absondern. Dies begründet eine gewisse Armuth der rhythmischen Gliederung, welche die neuere Metrik insgemein dadurch verbessert, dass sie entweder an das Ende oder an den Anfang der zusammengehörigen rhythmischen Reihen, die eine Periode oder einen Theil einer solchen bilden, Klänge von constanter Verwandtschaft setzt. So entstehen Reim und Assonanz, von denen uns der erstere als das natürlichere Hülfsmittel der Gliederung erscheint, weil verschiedene Reihen am sichersten durch ihre Schlussklänge sich sondern. Die antike Rhythmik, welche kurze und lange Silben unterscheidet, von denen eine der letzteren zweien der ersteren äquivalent ist, gewinnt damit ein strengeres Zeitmaass, zugleich aber, wegen der wechselseitigen Ersetzung der Kürzen und Längen nach ihrem Zeitwerth, eine freiere Bewegung innerhalb der einzelnen Takte. Hierdurch wird die antike Metrik dem Zeitmaass der eigentlichen Melodie näher gerückt. In der letzteren erreicht, vermöge der freieren Bewegung der musikalischen Klänge, die Vertretung derselben nach ihrem Zeitwerth den weitesten Umfang, der nur an den Grenzen unserer Auffassung seine eigene Grenze findet. Die kürzeste Zeitdauer für den einzelnen Klang ist hier, nach den Angaben der Musiker, etwa $^1/_{10}$ Secunde [1]), ein Zeitwerth, der genau übereinstimmt mit

[1]) G. Schilling, Lehrbuch der allgemeinen Musikwissenschaft. Karlsruhe 1840. S. 268.

der kürzesten Auffassungsdauer, die unserm Bewusstsein möglich ist[1]). Die längste Zeitdauer, die der einzelne Klang erreichen kann, ist viel unbestimmter, sie hängt von dem Taktmaass der Melodie ab, mit dem unsere Fähigkeit einem ausdauernden Klang seinen richtigen Zeitwerth zuzumessen veränderlich ist. Der Aufbau der Melodie innerhalb dieser freieren Zeitbewegung der Klänge wird dann ganz und gar durch die variable Klangverwandtschaft bestimmt. Ihr Einfluss macht hauptsächlich in zwei Momenten sich geltend: erstens darin, dass das melodische Ganze mit einem und demselben Klang, der Tonica, anzuheben und wieder zu schliessen pflegt; und zweitens in der Beziehung der rhythmischen Perioden zu einander, indem jede derselben auch in melodischer Beziehung ein Vorbild oder eine freie Wiederholung der zu ihr gehörenden folgenden oder vorangehenden ist. In dem Ausgang von einem Leitton, der Tonica, und in der Rückkehr zu demselben liegt eine gewisse Verwandtschaft mit dem Reim, der ebenfalls durch die Wiederholung eines vorangegangenen Klangs den Rhythmus abschliesst. Aber der Reim steht zu dem rhythmischen Ganzen in keiner innern Beziehung, daher er auch fortwährend wechseln kann und nur die einzelnen rhythmischen Reihen von einander absondert, während die Tonica die ganze Klangbewegung der Melodie beherrscht, so dass in dieser jede rhythmische Reihe und Periode entweder mit der Tonica selbst oder mit einem ihr verwandten Klang beginnen oder abschliessen muss. Nächst der Tonica kommt daher den nach den Gesetzen der variabeln Klangverwandtschaft ihr nächststehenden Klängen, der über und unter ihr gelegenen Quinte, die man als Ober- und Unterdominante bezeichnet hat, im Fortgang der Melodie eine herrschende Rolle zu[2]). Durch alle diese rhythmischen Klangwiederholungen verstärkt sich wesentlich die Zeitanschauung, welche die zusammengesetzteren Bestandtheile des Rhythmus, die Reihe und Periode, überhaupt nur dadurch zu fassen vermag, dass sich dieselben mit einem melodischen Inhalte füllen, während die blosse Hebung und Senkung der Klangintensität nur zum Ueberblick des einzelnen Taktes ausreichen würden. Eine ähnliche Beschränkung aber haftet dem Bewegungsgefühl und der Bewegungsvorstellung an, in der höchstens kleinere rhythmische Reihen noch zu einem übersichtlichen Ganzen zusammengesetzt werden können. Eine weiter gehende Gliederung wird erst auf dem Boden der Klangverwandtschaft möglich. In dem Maasse

---

[1] Vgl. Cap. XIX.

[2] Die Analogie der poetischen und der musikalischen Klangwiederholung wird vollständiger, wenn in dem poetischen Kunstwerk ein und derselbe Reim theils direct theils in Assonanzen von Anfang bis zu Ende sich wiederholt. In der That empfindet man bei dem Ghasel und andern auf fortwährende Klangwiederholung gegründeten Formen der orientalischen Poesie unmittelbar die Aehnlichkeit mit der musikalischen Melodie.

als das Gebiet der letzteren die deutlich unterscheidbaren Intensitätsabstufungen der Empfindung an Ausdehnung übertrifft, wird es fähiger grössere Reihen auf einander folgender Vorstellungen in Zusammenhang zu bringen. Auch in dieser Beziehung bewährt also das Gehör seine eminente Bedeutung als zeitauffassender Sinn.

Die Gesetze der Harmonie und der rhythmischen Bewegung der Klänge, die im obigen von einander gesondert wurden, haben sich natürlich innerhalb des menschlichen Bewusstsein gleichzeitig entwickelt, wie dies augenfällig an der Melodie zu Tage tritt, welche auf beiderlei Gesetze gegründet ist. Dabei hat aber zweifellos das Gefühl für die rhythmische Bewegung früher seine vollständige Ausbildung erreicht. Der Rhythmik der Alten lassen sich schon alle Grundregeln über den Wechsel von Hebung und Senkung und über die Grenzen unserer messenden Zeitauffassung entnehmen. In letzterer Beziehung scheint sogar das rhythmische Gefühl der Griechen ausgebildeter gewesen zu sein als das unserige, da einige ihrer zusammengesetztern rhythmischen Formen der heutigen Auffassung Schwierigkeiten bereiten. Es hängt dies wahrscheinlich damit zusammen, dass die poetischen Rhythmen der Alten von den dem Gebiet der Klangverwandtschaft angehörenden Hülfsmitteln der Reihen- und Periodenbildung, welche die Modernen anwenden, frei waren und dagegen das Zeitmaass mit grösserer Strenge berücksichtigten. Bezeichnend für diese der Harmonie vorausgeeilte Entwicklung der Rhythmik ist überdies die geschichtliche Thatsache, dass sich das Gefühl für die Verwandtschaft der Klänge nicht aus dem Zusammenklang, welchem das moderne Ohr hauptsächlich das Maass der Harmonie oder Disharmonie entnimmt, sondern aus der melodischen Aufeinanderfolge entwickelt hat. Nicht gefesselt durch die beim harmonischen Zusammenklang in Rücksicht kommenden Verhältnisse der Consonanz und Dissonanz, aber auch weniger sicher in der durch die Combinationstöne fühlbar werdenden indirecten Klangverwandtschaft, bewegte die Melodie der Alten sich freier und mannigfaltiger [1]).

Wie nun das Gefühl für die Harmonie sich langsamer als dasjenige für den Rhythmus ausgebildet hat, so haben auch über den Ursprung desselben viel widerstreitendere Ansichten geherrscht. Es sind hauptsächlich d r e i Theorieen über diesen Gegenstand aufgestellt worden. Nach der e r s t e n, welche zuerst von Euler entwickelt wurde und bis in die neueste Zeit die herrschende blieb, erscheinen uns Klänge, deren Schwingungszahlen in dem Verhältniss einfacher ganzer Zahlen stehen, desshalb harmonisch, weil uns, wie in der Baukunst, die Einfachheit des Verhältnisses unmittelbar gefällt [2]). Aber da wir von den Schwingungszahlen der Töne kein Bewusstsein haben, so bleibt diese Theorie die eigentliche Antwort auf die Frage nach dem Grunde des Harmoniegefühls schuldig. Nach der z w e i t e n Ansicht, welche zuerst von Rameau [3]) begründet und dann von d'Alembert [4]) vervollständigt wurde, nennen wir solche

[1]) Vgl. Fortlage, das musikalische System der Griechen in seiner Urgestalt. Leipzig 1847.

[2]) Euler, nova theoria musicae, Cap. II, p. 26 seq.

[3]) Nouveau système de musique. Paris 1726.

[4]) Élémens de musique théorique et pratique suivant les principes de M. Rameau. Nouv. édit. Lyon 1766.

Klänge harmonisch, welche Theiltöne mit einander gemein haben oder als Bestandtheile eines und desselben Grundklangs erscheinen. Diese Theorie gründet sich bereits auf die Erkenntniss, dass jeder Grundklang eine Reihe von Obertönen, deren Schwingungsverhältnisse der Reihe der ganzen Zahlen entsprechen, mitklingen lässt[1]. In neuerer Zeit hat A. von Oettingen wieder an dieselbe angeknüpft und sie namentlich vollständiger als dies durch d'Alembert geschehen war auf die Mollaccorde ausgedehnt. Er fasst demnach die Töne des Duraccords auf als zugehörig zu einem einzigen Grundton, dem tonischen Grundton (basse fondamentale nach Rameau), die Klänge des Mollaccords dagegen als übereinstimmend in einem einzigen Oberton, den er den phonischen Oberton nennt. So stellt Oettingen überhaupt ein doppeltes Princip, der Tonalität und der Phonalität, als zu Grunde liegend dem Aufbau der harmonischen Zusammenklänge auf[2]. Davon kommt das erstere im wesentlichen mit dem überein was wir oben vom Standpunkt der physiologischen Klanganalyse aus die indirecte, das zweite mit dem was wir die directe Klangverwandtschaft genannt haben. Nach der dritten Ansicht, welche gegenwärtig von Helmholtz vertreten wird, beruht die Harmonie auf der fehlenden Dissonanz, d. h. auf dem Mangel von Schwebungen oder Rauhigkeiten des Klangs. Indem solche Schwebungen ebensowohl zwischen den Grundtönen wie zwischen den Obertönen und Combinationstönen vorkommen, ist die Möglichkeit zu sehr mannigfachen Dissonanzen gegeben. Der Grad der Harmonie ist nun nach Helmholtz wesentlich durch die Grösse der Dissonanz bestimmt, die bei einer geringen Verstimmung eines der Grundtöne zwischen den Obertönen und den Combinationstönen entstehen können[3]. Diese Theorie macht jedoch den Fehler, dass sie das Harmoniegefühl nur negativ erklärt. Der Mangel der Dissonanzen unterstützt gewiss wesentlich die befriedigende Auffassung der Zusammenklänge, aber als positive Ursache der Harmonie kann er nicht gelten. Hiergegen spricht auch die oben schon hervorgehobene Thatsache, dass in einer Zeit, welche sich des harmonischen Zusammenklangs noch nicht bediente, doch das Gefühl für die harmonisch zusammengehörigen Klänge bereits entwickelt war. Ebenso vermag die Helmholtz'sche Theorie über den Gegensatz des Dur- und Mollsystems keine Rechenschaft zu geben. Statt des Mollaccords könnte ebenso gut irgend eine andere Combination minder vollkommen consonanter Intervalle zur Grundlage eines neuen Systems dienen, wenn jene Gleichsetzung von Harmonie und fehlender Dissonanz richtig wäre. Wir haben dagegen geglaubt, für das positive Gefühl der Harmonie auch einen positiven Grund aufsuchen zu müssen, und wir konnten diesen allein in dem Princip der Klangverwandtschaft finden, was im wesentlichen auf die Rameau'sche Theorie wieder zurückführt[4]. Hinsichtlich der Reihenfolge der harmonischen Intervalle stimmen die oben aus diesem Princip abgeleiteten Resultate mit denjenigen überein, welche Helmholtz[5] aus dem Princip der Störung durch

---

[1] Rameau, a. a. O. p. 17.

[2] A. v. Oettingen, Harmoniesystem in dualer Entwicklung. Dorpat u. Leipzig 1866.

[3] Helmholtz, Lehre von den Tonempfindungen. 3te Aufl. S. 297 f.

[4] Vgl. hierzu oben Cap. IX. S. 370.

[5] a. a. O. S. 296 f.

die Schwebungen der Partialtöne erhalten hat. Ueber die Ursachen des Wohlgefallens aber, welches wir bei dem successiven oder gleichzeitigen Hören harmonischer Klänge empfinden, werden wir erst später, bei Untersuchung der ästhetischen Gefühle, Rechenschaft geben können [1]).

Vierzehntes Capitel.

Gesichtsvorstellungen.

Der optische Apparat des Auges, welcher aus den hinter einander gelegenen durchsichtigen Medien der Hornhaut, der wässerigen Feuchtigkeit, der Krystallinse und des Glaskörpers besteht, bewirkt eine solche Brechung der von äusseren Objecten ausgehenden Lichtstrahlen, dass auf der Netzhaut ein umgekehrtes verkleinertes Bild entworfen wird [2]). Dieses Bild zeigt gewisse Ungenauigkeiten, von denen wir hier absehen, da sie im allgemeinen auf die Bildung der Wahrnehmung ohne wesentlich störenden Einfluss sind [3]). Dasselbe fällt ferner nur dann genau auf die Netzhaut, wenn sich die Gegenstände in einer bestimmten, dem jeweiligen Brechungszustand der optischen Medien entsprechenden Entfernung befinden. Mittelst der Accommodation, bei welcher die Krystalllinse, namentlich an ihrer vordern Fläche, stärker gewölbt wird, kann aber das Auge seinen Brechungszustand innerhalb gewisser Grenzen verändern und auf diese Weise successiv auf Objecte von verschiedener Entfernung sich einstellen [4]).

Die Existenz des Netzhautbildes ist die Grundbedingung für die durch das Sehorgan vermittelte Auffassung der Welt in räumlicher Form. Jeder einzelne Punkt der Netzhaut empfindet die Stärke und Wellenlänge der ihn treffenden Lichtschwingungen gemäss den früher aufgestellten Gesetzen als Intensität und Qualität des Lichtes [5]). Alle diese elementaren Empfindungen werden aber in Bezug auf den Sehenden räumlich geordnet. Hierin besteht das Wesen der Gesichtsvorstellung. Jene räumliche Ordnung vollzieht sich bei allen Formen der Netzhauterregung, selbst bei solchen, welche gar nicht durch die Lichtausstrahlung äusserer Objecte verursacht sind, wie bei den Druckbildern und elektrischen Lichtfiguren,

---

1) Siehe Cap. XVII.
2) Ueber die optischen Eigenschaften des Auges und die Lichtbrechung in demselben vergl. mein Lehrbuch der Physiologie. 3. Aufl. § 109 u. f.
3) Vergl. ebend § 113—115.
4) Ebend. § 112.
5) Cap. VIII und IX.

die von mechanischer und elektrischer Reizung des Auges herrühren, sowie bei den entoptischen Erscheinungen, bei denen wir die Schatten im Auge vorhandener undurchsichtiger Theile wahrnehmen[1]. Ebenso verlegen wir die Nachbilder nach aussen, gleich als wenn sie unmittelbar in äusseren Gegenständen ihre Ursache hätten[2]. Indem wir nun untersuchen, wie diese regelmässige Beziehung der Netzhautbilder auf einen äusseren Raum und auf ausgedehnte Gegenstände in demselben entsteht, wollen wir vorläufig die Existenz einer nach drei ebenen Dimensionen angeordneten Aussenwelt als gegeben voraussetzen. Unsere Aufgabe ist es, nachzuweisen, wie wir vermittelst der Netzhautbilder diese Aussenwelt reconstruiren. Wir werden also vorerst davon absehen, dass die Existenz der Aussenwelt selbst einen wesentlichen Theil ihrer Beglaubigung den Gesichtsvorstellungen entnimmt. Um die einzelnen Momente, welche bei der Bildung der letzteren zusammenwirken, möglichst zu trennen, wollen wir 1) das Netzhautbild des ruhenden Auges und die in diesem zur Bildung der Vorstellung gelegenen Motive erwägen; hieran soll sich 2) die Betrachtung des bewegten Auges und des Einflusses der Augenbewegungen anschliessen, worauf endlich 3) die durch die Existenz zweier in Gemeinschaft functionirender Sehorgane gegebenen Bedingungen des Sehens zergliedert werden. Es braucht übrigens kaum der Bemerkung, dass diese Trennung durchaus künstlich und nur durch die Uebersichtlichkeit der Untersuchung geboten ist. Das Auge ist von Anfang an ein bewegtes Organ, und es functionirt normaler Weise stets als Doppelauge.

Das Netzhautbild des ruhenden Auges kann naturgemäss nur dadurch Veränderungen erfahren, dass die äusseren Gegenstände sich bewegen und wechseln. Dies kann aber in doppelter Weise geschehen: es kann erstens ein und dasselbe Object sich bewegen und so auch im Netzhautbilde seine Stelle ändern; und es kann zweitens vor einem bisher gesehenen Objecte ein anderes auftauchen, durch welches das erste ganz oder theilweise verdeckt wird.

Die Lage des Netzhautbildes wird, ebenso wie die Grösse desselben, durch Linien bestimmt, welche man sich von allen Punkten des Objectes durch einen für jeden Accommodationszustand fest bestimmten optischen Cardinalpunkt des Auges, den Knotenpunkt, nach der Netzhaut gezogen denkt[3]. Diese Linien sind die Richtungsstrahlen. Der Punkt,

---

1) Lehrb. der Physiol. § 115, 117.

2) Siehe oben Cap. IX. S. 397 f.

3) Streng genommen existiren zwei Knotenpunkte, von denen bei der Einrichtung des Auges für unendliche Entfernung der erste durchschnittlich 0,7580, der zweite 0,3602 Mm. vor der Hinterfläche der Krystalllinse gelegen ist. Da aber hiernach die

wo ein Richtungsstrahl die Netzhaut trifft, ist der dem betreffenden Objectpunkt entsprechende Bildpunkt. Denken wir uns nun einen einzelnen leuchtenden Objectpunkt im äussern Raume wandern, so muss auch der ihm zugehörige Bildpunkt auf der Netzhaut, und zwar im entgegengesetzten Sinne, sich bewegen. Hierbei kann die Empfindung nicht vollkommen ungeändert bleiben, da jeder Lichteindruck, wenn man von der Mitte der Netzhaut auf die Seitentheile übergeht, an intensiver Wirkung abnimmt, so dass sich die Empfindung schliesslich in Schwarz umwandelt[1]). Dieser Veränderung der Empfindlichkeit geht nun eine ebensolche in der Schärfe der räumlichen Auffassung parallel. Auch hier zeigt die Mitte der Netzhaut, welche wegen der gelblichen Färbung, die sie beim Menschen zeigt, der gelbe Fleck (macula lutea) oder, da sie etwas vertieft ist, die Centralgrube (fovea centralis) genannt wird, einen sehr auffallenden Vorzug vor den Seitentheilen, deren Auffassungsschärfe um so mehr abnimmt, je weiter sie von der Centralgrube entfernt liegen. Aus diesem Grunde sagt man von Objecten, die sich auf dem gelben Fleck der Netzhaut abbilden, dass sie direct gesehen werden, während man alle seitlich gelegenen Bilder als indirect gesehene bezeichnet. Denjenigen direct gesehenen Punkt, dessen Bild genau in der Mitte der Centralgrube liegt, nennt man den Fixations- oder Blickpunkt. Der dem Fixationspunkt entsprechende Richtungsstrahl wird die Gesichtslinie genannt. Objecte direct zu sehen steht vollkommen in der Macht unseres Willens, da wir dieselben zu diesem Zweck nur zu fixiren brauchen; alle Willkürlichkeit unserer Augenbewegungen besteht aber darin, dass wir den Fixationspunkt des Auges im Raume bestimmen. Schwieriger ist es, die auf den Seitentheilen der Netzhaut sich abbildenden Objecte zu beobachten, weil wir gewohnt sind, die Gegenstände, auf welche sich unsere Aufmerksamkeit richtet, zugleich zu fixiren, und umgekehrt alles was wir nicht direct sehen unbeachtet zu lassen. Beim indirecten Sehen muss man diese natürliche Verbindung von Aufmerksamkeit und Fixation der Objecte zu lösen suchen, indem man ein Object fixirt, während man gleichzeitig einem andern, das im Bereich des indirecten Sehens liegt, seine Aufmerksamkeit zuwendet. Vergleicht man nun auf diese Weise zwei Objecte von gleicher Beschaffenheit, z. B. zwei weisse Punkte auf schwarzem oder zwei schwarze

---

beiden Knotenpunkte einander sehr nahe liegen, so kann man denselben, für die meisten Zwecke mit ausreichender Genauigkeit, einen einzigen substituiren, welcher auch als Kreuzungspunkt der Richtungsstrahlen bezeichnet wird, und welchen man nach Listing 0,4764 Mm. vor der Hinterfläche der Linse annimmt. Legt man zwei Knotenpunkte zu Grunde, so müssen jedem Richtungsstrahl zwei Linien substituirt werden, von denen die erste den Objectpunkt mit dem ersten Knotenpunkt verbindet und die zweite der ersten parallel vom zweiten Knotenpunkt zur Netzhaut geführt wird.

[1]) S. oben S. 292, 404.

auf weissem Grunde, so bemerkt man, dass der indirect gesehene vom direct gesehenen Punkt sich ähnlich unterscheidet, wie das Bild im nicht-accommodirten und im accommodirten Auge. Der indirect gesehene Punkt erscheint verwaschen, der Unterschied seiner Helligkeit von derjenigen des Grundes ist vermindert. Grössere Objecte können daher in Bezug auf ihre Form, Grösse und Begrenzung im indirecten Sehen nur sehr undeutlich aufgefasst werden, im allgemeinen viel undeutlicher als bei mangelnder Accommodation, bei der nur die Grenzlinien verwaschen erscheinen, während hier das Ganze getrübt, wie durch einen Schleier gesehen wird. Eine genauere Vergleichung des indirecten mit dem directen Sehen lässt sich so ausführen, dass man zwei dunkle Fäden oder Punkte vor einem hellen Hintergrunde anbringt und deren Distanz allmählich vermindert, bis die Grenze erreicht ist, wo dieselben in einen Faden oder in einen Punkt zusammenzufliessen scheinen. Statt dessen kann man auch die Distanz der Objecte ungeändert lassen, dagegen das Auge allmälig in so grosse Entfernung bringen, dass in Folge der abnehmenden Bildgrösse auf der Netzhaut die Objecte verschmelzen [1]. Hierbei müssen die Objecte selbst immer grösser genommen werden, auf je weiter seitlich gelegene Theile der Netzhaut man ihr Bild fallen lässt, damit dieselben noch wahrnehmbar seien. Man findet so, dass für ein geübtes Auge zwei um 1 Mm. von einander abstehende Linien in directem Sehen erst in einer Entfernung von 2,5—3,5 Meter verschmelzen [2]. Dies entspricht einem Winkel der Richtungsstrahlen von ungefähr 90—60 Secunden oder einer Bildgrösse von 0,006—0,004 Mm. Durch längere Uebung kann jedoch diese Grenzdistanz noch etwas vermindert werden.

Viel grössere Zwischenräume müssen zwischen den Netzhautbildern zweier Objecte gelegen sein, wenn diese im indirecten Sehen von einander getrennt werden sollen. So fand Aubert, dass zwei Quadraten, die aus 1 Meter Distanz betrachtet wurden, und deren jedes eine Seitenlänge

---

1) Statt der Fäden, die man am zweckmässigsten vertical ausspannt, hat Helmholtz für die Bestimmung der Genauigkeit des indirecten Sehens ein Drahtgitter angewandt, dessen einzelne Drähte eine Entfernung von 1,083 Mm. hatten; der Beobachter entfernte sich so weit, bis die einzelnen Drähte verschmolzen. (Helmholtz, physiol. Optik. S. 217.) Zur Messung der indirecten Sehschärfe verwendet man am besten nach dem Vorgang von Aubert und Foerster zwei schwarze Kreisscheiben von mehreren Mm. Durchmesser, die man auf weissem Grund einander bis zum Verschmelzen nähert. (Aubert, Physiologie der Netzhaut, S. 235 f.)

2) Meinem eigenen Auge verschmelzen Linien von 3,5 Mm. Breite und 1,083 Mm. Distanz in 2870 Mm. Entfernung, was einem Gesichtswinkel von 77,7″ entspricht. Nimmt man die Fäden feiner, so nimmt dadurch der Gesichtswinkel, unter welchem sie noch getrennt werden können, zu. Volkmann konnte daher sehr feine Spinnwebfäden erst unterscheiden, als ihr Gesichtswinkel 80,4—147,5″ betrug. Die nämliche Regel fand Aubert für anders geformte Objecte, z. B. Quadrate, bestätigt (Physiologie der Netzhaut, S. 228). Als Grund dieser Erscheinung muss wohl der Umstand angesehen werden, dass feinere Objecte sich minder deutlich von ihrem Hintergrund abheben.

von 2 Mm. hatte, im Netzhautbilde folgende gegenseitige Entfernungen gegeben werden mussten, wenn sie noch eben getrennt werden sollten[1]:

Abstand der Bilder von der Netzhautmitte	Gegenseitige Entfernung der Bilder
2° 40′	3′ 27″
3° 30′	6′ 53″
5°	17′ 11″
7°	34′ 22″
8° 30′	1° 9′

Hieraus geht hervor, dass mit der Entfernung von der Netzhautmitte die Unterscheidungsfähigkeit rasch abnimmt[2]. Dies geschieht übrigens nach den verschiedenen Meridianen, die man sich durch die Netzhautmitte gelegt denken kann, mit etwas verschiedener Geschwindigkeit, und pflegen in dieser Beziehung sogar die beiden Augen eines und desselben Beobachters von einander abzuweichen; im allgemeinen ist der horizontale Netzhautmeridian in weiterem Umfang einer gewissen Schärfe der Unterscheidung fähig als der verticale[3]. Ausserdem bemerkt man beim indirecten in noch höherem Grade als beim directen Sehen, dass sich die Unterscheidungsschärfe durch Uebung vervollkommnet.

Es liegt nahe, die bedeutenden Unterschiede, welche so die verschiedenen Stellen der Netzhaut in der Auffassung der auf ihnen entworfenen Bilder darbieten, mit den Structurunterschieden in Zusammenhang zu bringen. In der Gegend des gelben Flecks sind als einzige percipirende Elemente Zapfen zu finden, welche hier dicht gedrängt neben einander stehen, so dass der Zwischenraum zwischen zwei Zapfen sehr klein ist im Vergleich mit dem Querdurchmesser eines einzigen. Gegen die Seitentheile nehmen die Zapfen ab, es treten Stäbchen an deren Stelle, zwischen denen nun das nicht-nervöse Stützgewebe einen grössern Raum einnimmt. Es kann hiernach die Schärfe der Unterscheidung auf zweierlei Structurbedingungen zurückgeführt werden, welche in der That wahrscheinlich beide von Einfluss sind: 1) auf die dichter gedrängte Lage der percipirenden Elemente in

---

[1] Der Abstand der Bilder von der Netzhautmitte ist durch den Winkel ausgedrückt, welchen der nach der fovea centralis gezogene Richtungsstrahl mit dem nach dem Mittelpunkt der indirect gesehenen Objecte gezogenen einschliesst, die gegenseitige Entfernung der Bilder durch den Winkel, den die beiden Richtungsstrahlen, welche nach den einander zugekehrten Grenzlinien der Objecte gezogen sind, mit einander bilden. Aubert a. a. O. S. 248.

[2] Doch ist die letztere im indirecten Sehen in noch etwas höherem Grade als im directen von der Grösse und Deutlichkeit der einzelnen Objecte, welche unterschieden werden sollen, abhängig. So können z. B. nach Aubert nicht nur grössere Quadrate noch in einer Distanz unterschieden werden, in der kleinere bereits zusammenfliessen, sondern es sind auch Linien vor Quadraten, deren Seite gleich der Breite der Linien ist, bevorzugt. A. a. O. S. 248.

[3] Aubert, a. a. O. S. 246.

der Gegend des Netzhautcentrums, und 2) auf die verschiedene Beschaffenheit der Elemente selber. Da aus jedem Zapfen mehrere Nervenfasern hervorkommen, während ein Stäbchen immer nur eine einzige entsendet[1], so wird man zugeben müssen, dass möglicher Weise im Gebiet eines einzigen Zapfens eine räumliche Unterscheidung geschehen kann. In der That scheinen hierauf Versuche von VOLKMANN hinzudeuten, nach welchen wir unter geeigneten Umständen sogar noch Grössenunterschiede wahrnehmen, welche einem Netzhautbilde von 0,0007 Mm. entsprechen. Da nun nach den Messungen von H. MÜLLER und M. SCHULTZE der Durchmesser eines Zapfenquerschnitts immer mindestens 0,0015 — 0,0025 Mm. beträgt, so würden Unterschiede, die nur $^1/_2$—$^1/_3$ eines Zapfendurchmessers ausmachen, noch aufgefasst werden können[2]. Anderseits ist es zweifellos, dass bei ungeübten Augen und schwer erkennbaren Objecten, wo die kleinsten Unterschiede im Netzhautbild einen Winkel von 150″ erreichen, stets mehrere Zapfen zwischen den unterschiedenen Bildpunkten gelegen sein müssen. Hiernach lässt sich nicht wohl annehmen, dass die Auffassung räumlicher Unterschiede im directen Sehen durch den Durchmesser der Zapfen unveränderlich bestimmt sei. Doch scheint dieser allerdings, wie die Ermittelungen der verschiedensten Beobachter zeigen, in der Regel die Grenze der Unterscheidungsfähigkeit annähernd zu bezeichnen[3]. Das Sinken der letzteren auf den Seitentheilen der Netzhaut erklärt sich daher hauptsächlich durch die Ueberhandnahme des zwischen den percipirenden Elementen gelegenen interstitiellen Gewebes. Die zahllosen kleinen Lücken, welche hierdurch die Mosaik empfindender Elemente durchbrechen, werden aber nicht etwa als Lücken im Sehfelde wahrgenommen, sondern über jede erstreckt sich die Empfindung der Elemente, zwischen welchen sie gelegen ist; sie vermindern also nur nach Maassgabe ihrer Grösse die Schärfe der Auffassung.

In dieser Beziehung gleicht ihnen jene grosse Lücke im Sehfelde der Netzhaut, die der Eintrittsstelle des Sehnerven entspricht, der **blinde Fleck**. Diese Stelle, an der die Stäbchen und Zapfen sowie alle andern nervösen Elemente mit Ausnahme der Opticusfasern vollständig fehlen, hat einen ungefähren Durchmesser von 6° oder 1,5 Mm., und ihre Mitte liegt etwa 15° oder 4 Mm. gerade nach innen vom Centrum

---

[1] Vergl. S. 329.

[2] VOLKMANN, physiologische Untersuchungen im Gebiete der Optik I, S. 65 f.

[3] Insofern die Netzhautgrube eine gewisse Ausdehnung besitzt, werden übrigens auch in ihr schon Unterschiede der Unterscheidungsfähigkeit vorkommen. Hierauf dürfte in der That die von BERGMANN (Zeitschr. f. rat. Med. 3. R. II, S. 88) und HELMHOLTZ (physiol. Optik S. 217) beobachtete Erscheinung hindeuten, dass man ein Gitter aus schwarzen Stäben, wenn es der Entfernung sich nähert, wo die Unterscheidbarkeit aufhört, zuweilen wie ein schachbrettartiges Muster aussieht, indem einzelne Theile der Stäbe schon zusammenfliessen, während andere noch getrennt werden.

des gelben Flecks entfernt [1]). Wegen der umgekehrten Lage des Netzhautbildes werden daher Objecte, die in der entsprechenden Entfernung nach aussen vom Fixationspunkte liegen, nicht wahrgenommen, sobald sie in das Bereich des blinden Flecks fallen. Fixirt man z. B., während das rechte Auge geschlossen ist, mit dem linken das Kreuzchen in Fig. 101, und hält das Buch in etwa 1 Fuss Entfernung, so verschwindet der Kreis vollständig. Sobald man nur um weniges das Auge näher oder



Fig. 101.

ferner bringt, so taucht derselbe wieder auf. Hierbei werden aber meistens nicht etwa bloss diejenigen Theile des letzteren gesehen, die eben aus dem Bereich des blinden Flecks heraustreten, sondern man glaubt plötzlich den ganzen Kreis wieder wahrzunehmen. E. H. Weber hat bemerkt, dass, wenn man eine regelmässige Figur, z. B. eine Kreislinie, in der an einer Stelle eine Lücke geblieben ist, im indirecten Sehen betrachtet, man die vollständige Kreislinie zu sehen glaubt, sobald die Lücke in den blinden Fleck fällt [2]). Aehnlich glaubt man, wenn man Druckschrift betrachtet, auch die Stelle des blinden Flecks mit solcher ausgefüllt zu sehen, selbst wenn dieselbe absichtlich mit einem weissen Papier bedeckt wurde. Allerdings ist bei diesen Versuchen die Wahrnehmung noch unsicherer, als sonst im indirecten Sehen. Man ist also natürlich niemals im Stande bestimmte Buchstaben zu erkennen, die im Gebiet des blinden Flecks zu liegen scheinen, und auch bei der Wahrnehmung regelmässiger Figuren, die theilweise in das Bereich desselben fallen, findet sich eine eigenthümliche Unsicherheit, die bei angestrengter Aufmerksamkeit nicht, wie sonst im indirecten Sehen, abnimmt sondern grösser wird. Aber die Thatsache, dass wir die durch den blinden Fleck in unserm Sehfeld vorhandene Lücke im allgemeinen mit den Empfindungen der in ihrer Umgebung gereizten

[1]) Genauere Maassangaben siehe bei Helmholtz, physiolog. Optik S. 212, und Aubert, Physiologie der Netzhaut S. 258.

[2]) E. H. Weber, Sitzungsber. der Leipz. Ges. der Wissensch. 1853. S. 149. Volkmann, ebend. S. 27. v. Wittich, Archiv f. Ophthalmologie, IX, 3. S. 9.

Netzhautpunkte ausfüllen, lässt sich desshalb doch nicht bestreiten[1]. In dieser Hinsicht verhält sich also der blinde Fleck vollständig analog jenen kleineren Lücken im Sehfelde, welche von der spärlicheren Anordnung der empfindenden Elemente herrühren.

Die Erscheinungen des indirecten Sehens sowie die Beobachtungen über den blinden Fleck lehren, dass das empfundene Netzhautbild noch weit grössere Ungenauigkeiten darbietet als das auf der Netzhautfläche entworfene, welches von dem objectiven Beobachter wahrgenommen werden kann. Jenes subjective Netzhautbild, welches uns allein zur Auffassung der Aussenwelt dient, ist nur an der Stelle der Netzhautgrube ziemlich genau; seitlich davon wird es immer verwaschener, und an einer Stelle, der des blinden Flecks, ist es in ziemlich weitem Umfange ganz unterbrochen. Wenn diese Ungenauigkeiten wenig unsere Wahrnehmung stören, so verdanken wir dies in erster Linie den nachher zu schildernden Bewegungen des Auges, bei denen wir diejenigen Gegenstände, denen sich unsere Aufmerksamkeit zuwendet, successiv fixiren, so dass sie auf jener Stelle des schärfsten Sehens sich abbilden. Von wesentlicher Bedeutung ist aber ausserdem die soeben hervorgehobene Ausfüllung der nicht reizbaren Stellen mit den Empfindungen, welche von den zwischen ihnen gelegenen reizbaren Elementen ausgehen. Obgleich in unserer Netzhaut die empfindenden Elemente mosaikartig angeordnet und stellenweise weit durch nicht-empfindende Theile getrennt sind, so erscheint uns doch unser Seh-

---

[1] AUBERT Physiologie der Netzhaut S. 257, dem sich auch HELMHOLTZ physiol. Optik S. 575 anschliesst, hat gegen diese Ausfüllung des blinden Flecks bemerkt, es sei ihm bei aufmerksamster Beobachtung überhaupt unmöglich, irgend etwas über die Theile der Objecte, die auf den blinden Fleck fallen, auszusagen. HELMHOLTZ berichtet, er habe anfangs ebenfalls in der Weise, wie es WEBER beschreibt, die Ergänzung der Objecte zu sehen geglaubt, sich aber nach anhaltender Uebung überzeugt, dass er mit der Stelle des blinden Flecks in der That nichts sehe, und er bringt daher diese in vollständige Analogie mit derjenigen Lücke des Sehfeldes, die sich hinter unserm Rücken befindet (a. a. O. S. 577). Aber es scheint mir, dass man hier die Resultate, welche sich bei fortgesetzter Aufmerksamkeit auf die blinde Stelle ergeben, nicht gegen die Erscheinungen, die das natürliche, im Fixiren wohlgeübte Auge wahrnimmt, in's Feld führen darf. Bei fortgesetzten Versuchen dieser Art ergibt sich nämlich, indem man mit den sonstigen Wahrnehmungen im indirecten Sehen vergleicht, eine steigende Unsicherheit, welche namentlich in solchen Fällen sich äussert, wo der Versuch an und für sich eine Zweideutigkeit einschliesst, wie z. B. wenn eine rothe und gelbe Linie im blinden Fleck sich kreuzen, wo man unmöglich darüber in's Reine kommen kann, ob Roth oder Gelb oben aufliegt. Selbst darüber, ob eine einfache Linie durch die blinde Stelle sich fortsetzt, kann man schliesslich in Ungewissheit kommen; niemals greift diese aber dann Platz, wenn das ganze Sehfeld oder ein grosser Theil desselben gleichförmig ausgefüllt ist. Beim Anblicke einer gleichfarbigen Fläche wird man also niemals im Zweifel sein, ob auch der blinde Fleck an der Färbung theilnehme, und hierin unterscheidet sich derselbe denn doch wesentlich von dem Gesichtsfeld hinter unserm Rücken. Aehnlich verhalten sich Druckschriften oder sonst gleichförmige Muster, wo man zwar die im Bereich des blinden Flecks liegenden Buchstaben oder Theile des Musters nur unbestimmt sieht, ohne dass man sich jedoch von der Vorstellung einer gleichförmigen Erfüllung des Sehfeldes losmachen kann.

feld in ununterbrochenem Zusammenhang. Aus dieser Erfahrung folgt nothwendig, dass unsere Lichtempfindung nicht unmittelbar schon die räumliche Form besitzen kann. Wäre letzteres der Fall, so müssten die nicht reizbaren Stellen der Netzhaut entweder als Lücken im Sehfelde wahrgenommen werden, oder bei der räumlichen Auffassung der Gesichtsobjecte ganz ausser Betracht bleiben. Dass ersteres nicht geschieht, lehrt, wie gesagt, die unmittelbare Erfahrung. Dagegen ist letzteres zuweilen behauptet worden. Hierbei übertrug man die Annahme von Empfindungskreisen in dem früher (S. 473) besprochenen Sinne vom Tastorgan auf das Auge, indem man jeden Empfindungskreis als äquivalent einem äusseren Raumpunkt betrachtete; die kleinste erkennbare Distanz sollte dann ebenfalls überall dieselbe Raumgrösse darstellen. Aber wie im Gebiete des Tastsinns, so widerspricht auch beim Auge die Erfahrung durchaus jener Annahme[1]). Wir sind weit entfernt, die Distanzen je zweier Linien, die im directen und im indirecten Sehen noch eben unterschieden werden können, für gleich zu halten, vielmehr erkennen wir deutlich die indirect gesehene als grösser an, ja wir sprechen ihr annähernd dieselbe Grösse wie bei directer Fixation zu. Ebenso erscheinen uns zwei gleich grosse Kreisflächen im directen und indirecten Sehen ungefähr gleich gross, während doch die indirect gesehene viel kleiner erscheinen müsste, wenn wirklich jedes empfindende Element einem Raumpunkte äquivalent wäre, alle nicht empfindenden Theile aber in der Anschauung ignorirt würden. Ganz dem entspricht es endlich, wenn wir die Ränder des blinden Flecks nicht im Sehfelde aneinander rücken, sondern diesen Fleck mit der Empfindung der ihn umgebenden Elemente ausfüllen[2]). —

Das Bild im ruhenden Auge kann, wie oben (S. 523) bemerkt wurde, ausser durch seine Bewegung auf der Netzhautfläche, auch dadurch Veränderungen erfahren, dass vor dem gesehenen Objecte ein zweites auftaucht, durch welches das erste verdeckt wird. Angenommen, die beiden Objecte seien punktförmig, so wird, wenn das Auge sich auf den zweiten Punkt accommodirt, der Zerstreuungskreis des ersten Punktes, auf welchen

---

1) Vergl. S. 487 f.

2) Das einzige Argument, das zu Gunsten der Annahme fester, in der Empfindung gegebener Raumeinheiten beigebracht werden kann, besteht darin, dass bei der Vergleichung bestimmter Distanzen mit Theilen von verschiedener Unterscheidungsschärfe Abweichungen zu Gunsten des schärfer empfindenden Theils vorzukommen pflegen, so also dass dieser eine bestimmte Entfernung grösser schätzt. Aber die Erfahrungen, die hierher gehören, sind fast nur dem Tastsinne entnommen. (Siehe oben S. 487.) Beim Auge vermag ich, ebenso wenig wie Aubert und Helmholtz, mit Bestimmtheit zu erkennen, ob ein und dasselbe Object im directen und indirecten Sehen verglichen Grössenunterschiede zeigt; jedenfalls sind dieselben so unbedeutend, dass sie gegen die sonstige Ungenauigkeit des indirecten Sehens zurücktreten. Es soll damit nicht geleugnet werden, dass für manche Augen auch hier Differenzen der Grössen-

es nicht mehr accommodirt ist, von allen Seiten den zweiten umgeben. Nun wird der in das Auge fallende Lichtkegel durch die als Blendung wirkende Iris begrenzt: der Zerstreuungskreis hat daher die Form der Pupille, und die Mitte desselben, welche bei accommodirtem Auge den Bildpunkt abgibt, entspricht gleichzeitig dem Mittelpunkt der Pupille. Wird daher ein ferner Punkt so durch einen näheren verdeckt, dass jener nur noch im Zerstreuungskreise gesehen werden kann, so müssen offenbar beide Punkte in einer Linie liegen, die durch den Bildpunkt auf der Netzhaut und den Mittelpunkt der Pupille gelegt ist. In der gleichen Richtung müssen wir aber die Punkte nach aussen verlegen. Aus diesem Grunde nennt man die genannte Linie eine Visirlinie. Alle in einer Visirlinie gelegenen Punkte decken sich im Netzhautbilde mit den Mittelpunkten ihrer Zerstreuungskreise. Diejenige Visirlinie, welche vom Netzhautcentrum ausgeht, nennen wir die Hauptvisirlinie; sie fällt mit der Gesichtslinie, dem Hauptrichtungsstrahl, so nahe zusammen, dass der Unterschied für die meisten Zwecke vernachlässigt werden kann. Den Mittelpunkt der

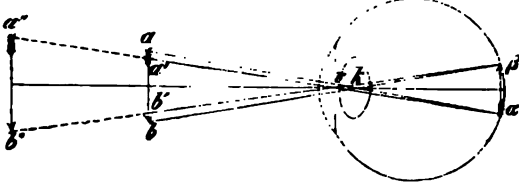


Fig. 102.

Pupille, in welchem sich alle Visirlinien schneiden, nennt man auch den Kreuzungspunkt der Visirlinien. Derselbe ist, wie man hieraus sieht, von dem Kreuzungspunkt der Richtungsstrahlen verschieden. Während durch die Richtungsstrahlen die Lage und Grösse des Bildes auf unserer Netzhaut, wird durch die Visirlinien die Richtung bestimmt, in welcher wir jenes Bild nach aussen verlegen. Die Grenzpunkte eines Objects $a\ b$ (Fig. 102), das ein Bild $\alpha\ \beta$ auf der Netzhaut entwirft, sehen wir also nicht bei a und b, sondern bei a' und b', gemäss der Richtung der Visirlinien. Für ferne Objecte fallen übrigens die Richtungsstrahlen und

schätzung, ähnlich wie sie am Tastorgane vorkommen, wahrnehmbar sind. Das Aneinanderdrücken der Gesichtsobjecte, welches einige Beobachter zuweilen an den Rändern des blinden Flecks sahen, durch welches übrigens immer nur ein kleiner Theil des letztern zum Verschwinden kommt, gehört wohl ebenfalls hierher. Alle diese Erscheinungen bezeugen zwar, dass die Zahl empfindender Elemente, welche von einem Eindruck getroffen wird, auf die Schätzung der Grösse desselben einen gewissen Einfluss besitzt, doch sie beweisen zugleich, dass dieser Einfluss sehr unbedeutend, ja in manchen Fällen verschwindend klein ist. Dies spricht aber durchaus gegen die Ansicht, dass die Zahl der gereizten Punkte das primär bestimmende Moment der räumlichen Grössenauffassung sei.

die Visirlinien so nahe zusammen, dass der Unterschied vernachlässigt werden kann. Den Winkel $a'\ v\ b'$, welchen die von den Grenzpunkten des Netzhautbildes gezogenen Visirlinien mit einander bilden, nennt man den Gesichtswinkel[1]. Er ist für uns im allgemeinen das Maass der Grösse eines Gegenstandes. Denn Objecten, die unter gleichem Gesichtswinkel gesehen werden, entsprechen Netzhautbilder von gleicher Grösse. Die Erfahrung lehrt nun aber, dass wir trotzdem keineswegs alle Objecte von gleichem Gesichtswinkel für gleich gross halten. Vielmehr erscheint uns von verschiedenen Objecten mit gleichem Gesichtswinkel dasjenige grösser, welches wir in weitere Entfernung verlegen. Wird z. B. dasselbe Netzhautbild $\alpha\ \beta$ (Fig. 102) zuerst nach $a'\ b'$ und dann nach $a''\ b''$ verlegt, so erscheint es im ersten Fall kleiner, im zweiten grösser als das wirkliche Object $a\ b$. Die Vorstellung der Grösse setzt also ausser dem Gesichtswinkel die Hülfsvorstellung der Entfernung des Gegenstandes voraus. Zur Gewinnung der letzteren steht aber dem visirenden Auge nur ein sehr unsicheres Mittel zu Gebote, die Accommodation. Indem wir successiv für Gegenstände von verschiedener Entfernung accommodiren, können wir einigermassen den näheren von dem ferneren unterscheiden. Aber erstens besitzen wir dieses Hülfsmittel nur innerhalb der Accommodationsgrenzen, und zweitens ist dasselbe sehr mangelhaft, wie daraus hervorgeht, dass das bloss auf seine Accommodation angewiesene Auge Entfernungsunterschiede viel unvollkommener als das ohne solche Beschränkung functionirende Sehorgan auffasst[2].

Die Fläche, in welche das ruhende Auge alle gleichzeitig sichtbaren Punkte in der Richtung der Visirlinien verlegt, nennen wir das Sehfeld des ruhenden Auges. In ihm wird der Abstand der einzelnen Punkte

---

[1] Häufig ist mit diesem Namen auch der Winkel $a\ k\ b$, welchen die zu den Grenzpunkten des Objectes gezogenen Richtungsstrahlen mit einander bilden, bezeichnet worden. Beide Winkel sind natürlich, namentlich für ferne Objecte, so wenig verschieden, dass ihr Unterschied nicht in Betracht kommt. Da man aber den Gesichtswinkel durch Visiren zu bestimmen und als Grundelement der Grössenvorstellung zu betrachten pflegt, so ist es angemessen, darunter den Winkel der Visirlinien zu verstehen. Wo im obigen der Gesichtswinkel im älteren Sinne zur Anwendung kommt, z. B. bei der Messung der kleinsten erkennbaren Distanzen oder kleinsten Bildgrössen auf der Netzhaut, haben wir ihn darum meistens ausdrücklich als Winkel der Richtungsstrahlen bezeichnet. Auf die Messung des letzteren kommt es natürlich überall da an, wo es sich darum handelt, zu einem Object von gegebener Grösse das Netzhautbild zu finden, der Gesichtswinkel im eigentlichen Sinne steht dagegen in Frage, wo umgekehrt zu einem gegebenen Netzhautbild die scheinbare Lage und Grösse des äussern Gegenstandes gefunden werden soll.

[2] Um den Einfluss der Accommodation auf das Entfernungsgefühl zu bestimmen, brachte ich vor einem gleichförmig weissen Hintergrunde in verschiedenen Distanzen einen schwarzen Faden an, auf welchen das Auge durch eine innen geschwärzte Röhre blickte. (Beiträge zur Theorie der Sinneswahrnehmung, S. 105 f.) Es zeigte sich, dass, wie zu erwarten, überhaupt nur innerhalb der Accommodationsgrenzen ein richtiges Urtheil über Annäherung und Entfernung möglich war. Dabei war das Gefühl für die Annäherung feiner, was offenbar damit zusammenhängt, dass nur von fern auf nah

von einander durch den Gesichtswinkel bemessen. Aber da die Entfernung, in welche sich die einzelne Visirlinie erstreckt, unbestimmt bleibt, so ist dieses Sehfeld an sich eine Fläche von unbestimmter Form, welche nur nach den Seiten hin wegen der abnehmenden Empfindlichkeit der Netzhaut bestimmte Grenzen hat. Diese Grenzen sind, von der den gelben Fleck mit der Mitte der Pupille verbindenden Hauptvisirlinie an gerechnet, nach den Messungen von AUBERT und FOERSTER:

nach aussen 90°	nach oben 40°
nach innen 50°	nach unten 65°

Die Stelle des deutlichsten Sehens liegt demnach nicht vollständig in der Mitte des Gesichtsfeldes, sondern nach innen und oben von derselben: dagegen nimmt der blinde Fleck ziemlich genau die Mitte ein. Nach innen wird der Umfang des Sehfeldes durch die vortretende Nase beschränkt[1].

Obgleich die bisher besprochenen Eigenschaften des ruhenden Auges zweifellos wesentliche Hülfsmittel der Gesichtsvorstellung in sich schliessen, so sind sie doch für sich allein genommen nicht genügend, dieselbe zu vermitteln. Weder enthält die Lage des optischen Bildes auf der Netzhaut noch die Richtung der Visirlinien, die wir aus der Verbindung sich deckender Punkte im Sehfelde gewinnen, hierfür zureichende Motive. Denn das empfundene Netzhautbild, wenn wir damit die Mosaik von Lichtempfindungen bezeichnen dürfen, welche aus der Erregung der einzelnen reizbaren Netzhautelemente entsteht, ist durchaus verschieden von demjenigen Bild des Gegenstandes, welches unsere Vorstellung in den äusseren Raum zeichnet. Die letztere füllt die Lücken des empfundenen Bildes aus, und sie übersieht grossentheils die Ungenauigkeiten desselben in den peripherischen Theilen des Sehfelds. Der Gesichtswinkel aber ist nur ein Element der räumlichen Grössenvorstellung, welches für sich genommen wirkungs-

---

eine active Accommodationsanstrengung stattfindet. Folgendes sind die Zahlen einer so gewonnenen Versuchsreihe.

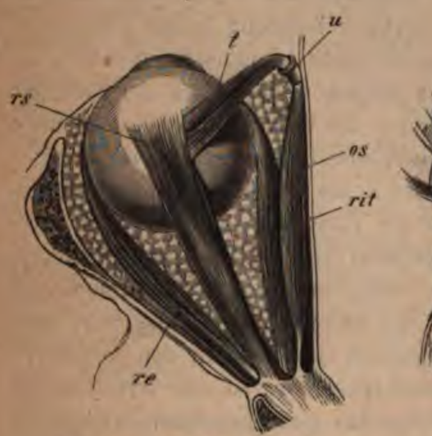
Entfernung	Unterscheidungsgrenze für Annäherung	Entfernung
250 Cm.	12	12
220 -	10	12
200 -	8	12
180 -	8	12
100 -	8	11
80 -	5	7
50 -	4.5	6.5
40 -	4.5	4.5

Das untersuchte Auge hatte ein beschränktes Accommodationsvermögen: sein Fernpunkt lag 250, sein Nahepunkt 40 Cm. entfernt. Die hier gefundenen Grenzwerthe der Unterscheidung sind nun ausserordentlich gross, wenn man sie mit denjenigen vergleicht, welche die andern Hülfsmittel der Entfernungsschätzung, z. B. die Convergenz der Gesichtslinien, die stereoskopische Verschiedenheit der beiden Netzhautbilder, zulassen. Siehe hierüber weiter unten.

[1] AUBERT, Physiologie der Netzhaut. S. 254.

los bleibt. Alles dies weist darauf hin, dass unsere Vorstellung weiterer Hülfsmittel bedarf, welche vor allem in der **Bewegung** des Auges gegeben sind.

Die **Bewegungen des Auges** sind im allgemeinen Drehungen um einen in der Augenhöhle fest liegenden Punkt. Dislocationen des Augapfels, durch die Auspolsterung der Augenhöhle mit Fett, Bindegewebe und anderen schwer comprimirbaren Massen erschwert, können nur ausnahmsweise stattfinden, so dass sie bei den normalen Bewegungen ausser Betracht bleiben. Der **Drehpunkt des Auges** liegt nach den Messungen von Donders 13,54 Mm. hinter dem Hornhautscheitel, demnach etwa 1,29 Mm. hinter der Mitte der vom Hornhautscheitel durch den Knotenpunkt gelegten



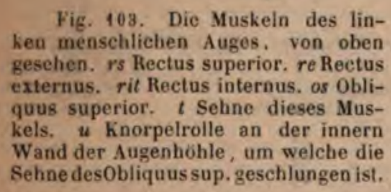


Fig. 103. Die Muskeln des linken menschlichen Auges, von oben gesehen. *rs* Rectus superior. *re* Rectus externus. *rit* Rectus internus. *os* Obliquus superior. *t* Sehne dieses Muskels. *u* Knorpelrolle an der innern Wand der Augenhöhle, um welche die Sehne des Obliquus sup. geschlungen ist.

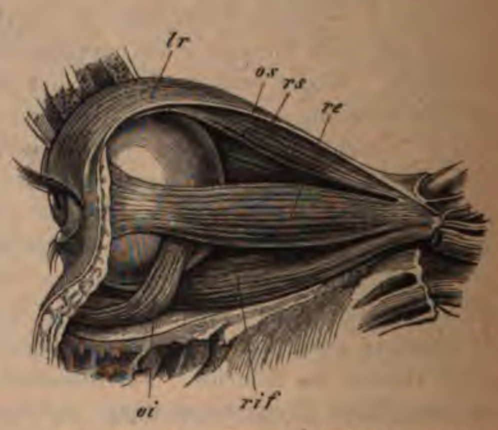


Fig. 104. Die Muskeln des linken menschlichen Auges, von aussen gesehen. *lr* Heber des obern Augenlids (levator palpebrae superioris), den Rectus superior bedeckend. *rs, re, os* wie in der vorigen Fig. *rif* Rectus inferior. *oi* Obliquus inferior.

optischen Augenaxe[1]). Die Drehungen um diesen Punkt werden durch **sechs** Muskeln bewerkstelligt, von denen je zwei, welche als Antagonisten wirken, ein **Muskelpaar** bilden. Die **drei** Muskelpaare, welche man auf diese Weise unterscheidet, sind: der **äussere und innere gerade**

[1]) Nach Volkmann's Messungen liegt der Drehpunkt 11,18 Mm. hinter der Mitte der Pupille (Sitzungsber. der sächs. Ges. 1869, S. 36), ein Resultat, welches mit dem von Donders erhaltenen sehr gut übereinstimmt, da der Abstand des Hornhautscheitels von der Pupillenmitte etwa 2,36 Mm. beträgt.

Muskel (Rectus externus und internus), der obere und untere gerade Muskel (Rectus superior und inferior), und der obere und untere schräge Muskel (Obliquus superior und inferior). Das erste dieser Muskelpaare, gebildet durch den äusseren und inneren geraden Muskel (*r e*, *r i* Fig. 103), liegt nahezu in der durch den Drehpunkt des Auges gelegten Horizontalebene[1]). Beide Muskeln zeigen eine genaue Symmetrie der Lage und darum auch der Wirkung. Die Axe, um welche dieselben für sich das Auge drehen würden, steht im Drehpunkt auf der annähernd horizontalen Muskelebene senkrecht. Der äussere dreht um diese Axe den Augapfel nach aussen, der innere nach innen; dabei behält der durch die Netzhaut gelegte horizontale Meridian, den wir, da er noch öfter zur Feststellung der Orientirung des Auges Verwendung findet, kurz den Netzhauthorizont nennen wollen, seine horizontale Richtung bei. Der obere und untere gerade Muskel (*r s*, *r i* Fig. 104), welche zusammen das zweite Muskelpaar bilden, liegen ebenfalls fast vollkommen in einer Ebene, also annähernd wieder symmetrisch, aber diese Ebene hat eine schräge Lage, indem der Ansatz der Muskeln am Augapfel weiter nach aussen gelegen ist als ihr Ursprung am Rande des Sehnervenlochs (*r s* Fig. 103). Ihre Drehungsaxe fällt darum nicht mit der durch den Drehpunkt gelegten Horizontallinie zusammen, sondern weicht von derselben um ungefähr 30° ab (Fig. 105)[2]). Demnach behält auch der Netzhauthorizont, während der obere Muskel das Auge nach oben, der untere nach unten dreht, seine Lage nicht bei, sondern er wird gleichzeitig gegen die Horizontalebene gedreht, so dass er mit seiner schläfenwärts gerichteten Hälfte sich im ersten Fall über den Horizont erhebt, im zweiten Fall unter denselben sinkt. Eine solche Drehung, bei der die Gesichtslinie (*g g'* Fig. 105) als fest bleibende Axe erscheint, bezeichnet man nun als Rollung oder Raddrehung des Auges, und der Winkel, welchen dabei der Netzhauthorizont mit seiner ursprünglichen horizontalen Lage bildet, ist der Rollungs- oder Raddrehungswinkel. Denken wir uns also den oberen oder unteren geraden Muskel allein wirksam, so würde mit der Hebung und Senkung des Augapfels, die sie bewirken, immer zugleich eine Rollung desselben verbunden sein. Am meisten weicht endlich die Lage der beiden schrägen Muskeln ab (*o s*, *o i*). Die Drehungsaxe derselben bildet nämlich ungefähr einen Winkel von 52° mit der durch den Drehpunkt gelegten Hori-

---

1) Die Ursprungspunkte beider Muskeln liegen übrigens bei vollkommen horizontaler Haltung des Kopfes ein wenig höher als die Ansatzpunkte, nach Volkmann's Messungen um 0,6 Mm. Daraus folgt, dass die Muskelebene mit ihrem vordern Ende etwas unter die Horizontalebene geneigt ist.

2) So nach den neueren Bestimmungen von Volkmann (a. a. O. S. 56), während die älteren Messungen von Ruete (ein neues Ophthalmotrop S. 36) nur eine Abweichung von 19° ergaben.

zontallinie [1]), liegt also von dieser weiter entfernt als von der gerade nach vorn gerichteten Gesichtslinie, mit der sie nur einen Winkel von etwa 38° einschliesst (Fig. 105). Beide Muskeln unterscheiden sich ferner dadurch, dass derjenige Ursprungspunkt des oberen schiefen Muskels, der für seine Wirkung allein in Betracht kommt, nämlich die Stelle, wo derselbe über seine Rolle gleitet (*u* Fig. 103), nach vorn vom Ansatzpunkt seiner Sehne am Augapfel gelegen ist; ebenso entspringt der untere schiefe Muskel an einer nach vorne liegenden Stelle des Bodens der Augenhöhle (*o i* Fig. 104). Bei den schrägen Muskeln ist also das Verhältniss der Ursprungs- und Ansatzpunkte genau das umgekehrte wie bei den geraden. In Folge dessen verhalten sie sich auch in Bezug auf die Hebung und Senkung des Augapfels entgegengesetzt den entsprechend gelagerten geraden Muskeln: der Obliquus superior s e n k t das Auge, und der Obliquus inferior h e b t dasselbe. Dabei dreht zugleich der erstere den Netzhauthorizont im selben Sinne wie der obere gerade, der zweite im selben Sinne wie der untere gerade Muskel. Demnach lässt sich das Verhältniss der Obliqui zu dem oberen und unteren geraden Muskel kurz so sich feststellen: der Obliquus superior unterstützt den Rectus inferior bei der Senkung der Gesichtslinie, aber er wirkt ihm entgegen in Bezug auf jene Rollung des Auges um die Gesichtslinie, welche sich an der Schrägstellung des Netzhauthorizonts zu erkennen gibt; der Obliquus inferior unterstützt den Rectus superior bei der Hebung des Auges, aber er wirkt ihm entgegen bei der Rollung um die Gesichtslinie. Man übersieht diese Verhältnisse am einfachsten, wenn man auf einem durch den Drehpunkt *m* (Fig. 105) gehenden Horizontalschnitt des Augapfels die Drehungsaxen der zwei bei der Hebung und Senkung wirkenden Muskelpaare zeichnet. Die Drehungsaxe des äussern und innern geraden Muskels muss man sich als eine auf der Ebene des Papiers im Drehpunkt senkrecht stehende Linie denken. Von den beiden andern Drehungsaxen kann man annehmen, dass sie vollständig innerhalb der Horizontalebene liegen, da in Wirklichkeit ihre Abweichung von derselben nur wenige

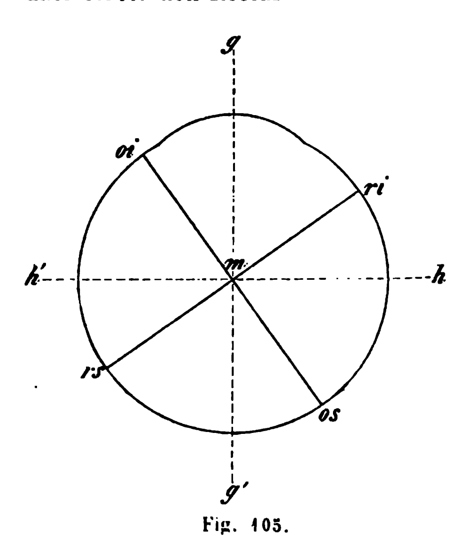


Fig. 105.

[1]) Nach den in dieser Beziehung übereinstimmenden Messungen von RUETE und VOLKMANN.

nkelgrade beträgt [1]. Nennt man diejenige Hälfte einer jeden Drehungs-
e, in Bezug auf welche bei der Contraction eines bestimmten Muskels
Drehung im Sinne des Uhrzeigers stattfindet, die Halbaxe des be-
ffenden Muskels, so ist *mrs* die Halbaxe für den Rectus superior, *mri*
den Rectus inferior, *mos* ist die Halbaxe für den Obliquus superior,
i für den Obliquus inferior. Für den Rectus internus liegt die Halbaxe
er, für den externus unter der Papierebene. Die Lageänderung, die
ler einzelne Muskel durch Drehung um seine Halbaxe zu Stande bringt,
st sich nun durch die Fig. 106 veranschaulichen. Man denke sich das
ke Auge so vor die Ebene des Papiers gehalten, dass es den Mittel-

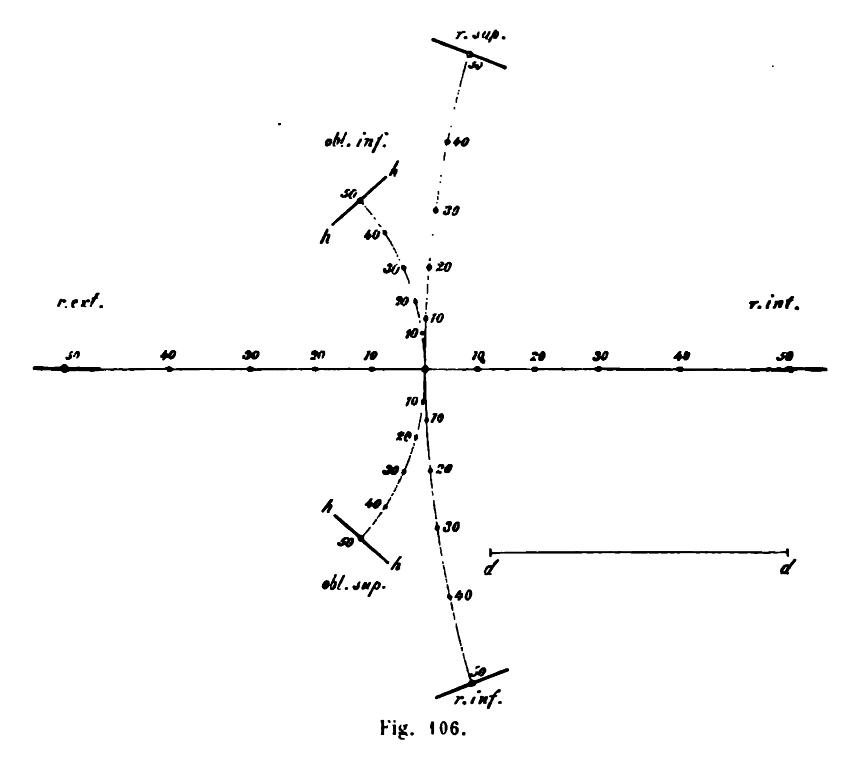


Fig. 106.

ıkt der Figur fixirt, und dass die Entfernung des Drehpunktes von dem-
›en gleich der Länge der Linie *dd* ist, so werden durch die in jenem
.elpunkt sich kreuzenden Linien die Bahnen dargestellt, in welchen jeder
zelne Muskel, wenn er eine Drehung von 10,20 bis 50° um seine Halb-

[1] Genauer ergeben sich die Lageverhältnisse der sechs Augenmuskeln aus der
enden nach VOLKMANN's Messungen entworfenen Tabelle (a. a. O. S. 52), in welcher
Ursprungs- und Ansatzpunkte der Muskeln durch ein System rechtwinkliger Coor-
ıten bestimmt sind, die sich im Drehpunkte kreuzen. Die x-Axe liegt horizontal, die

axe bewirkt, die Gesichtslinie bewegen muss. Durch den am Ende jeder Bahn angebrachten dickeren Strich ist zugleich die in Folge der Drehung eingetretene Lage des Netzhauthorizontes angedeutet. Aus dieser Darstellung geht unmittelbar hervor, dass, um von der Anfangsstellung aus das Auge gerade nach aussen oder innen zu bewegen, die Wirkung eines einzigen Muskels, des Rectus externus oder internus genügt[1]. Anders ist dies bei den Bewegungen nach oben und unten. Kein einziger Muskel vermag, wie man sieht, den Augapfel geradlinig zu heben oder geradlinig zu senken. Dagegen kann dies durch die Combination der zwei entsprechend wirkenden Muskeln erreicht werden. Der Rectus superior und Obliquus inferior werden, da die Bogen, in welchen sie die Gesichtslinie drehen, in entgegengesetztem Sinne verlaufen, bei geeigneter Compensation der Muskelkräfte eine geradlinige Bahn hervorbringen können; ebenso bei Senkung des Auges der Rectus inferior und Obliquus superior. Dabei werden zugleich die Drehungen des Netzhauthorizonts sich ganz oder theilweise compensiren, so dass das Auge in ähnlicher Weise wie bei den Bewegungen nach aussen und innen seine ursprüngliche Orientirung behalten kann. Bewegt sich die Gesichtslinie in schräger Richtung, z. B. von der Anfangsstellung aus nach innen und oben, so kann man eine solche Drehung in

---

z-Axe vertical, und die y-Axe fällt mit der Gesichtslinie zusammen: die Richtung der positiven x geht nach aussen, der positiven y nach hinten, der positiven z nach oben; die Zahlen bedeuten Millimeter.

Muskeln	Ursprünge			Ansätze		
	x	y	z	x	y	z
Rectus superior	—16	31,76	3,6	0,0	—7,63	10,48
Rectus inferior	—16	31,76	—2,4	0,0	—8,02	-10,24
Rectus externus	—13	34,0	0,6	10,08	—6,50	0,0
Rectus internus	—17	30,0	0,6	—9,65	—8,84	0,0
Obliquus superior	—15,27	—8,24	12,25	2,90	4,41	11,05
Obliquus inferior	—11,10	—11,34	—15,46	8,71	7,18	0,0

Wir fügen diesen Zahlen sogleich die von Volkmann ermittelten Werthe der Länge und des Querschnitts der einzelnen Augenmuskeln hinzu, da dieselben für die Beurtheilung der Muskelleistungen von Bedeutung sind. Die direct gemessenen Längen sind in Mm., die durch Division des Volums mit der Länge berechneten Querschnitte in □ Mm. angegeben a. a. O. S. 57).

	Rectus sup.	Rectus inf.	Rectus ext.	Rectus int.	Obliquus sup.	Obliquus inf.
Länge	41,8	40,0	40,6	40,8	32,2	34,5
Querschnitt	11,34	15,85	16,73	17,39	8,36	7,89

[1] Da in Folge der hierdurch hervorgebrachten Lageänderung des Augapfels auch die Ansatzpunkte der andern Muskeln Verschiebungen erfahren, beziehungsweise diese Muskeln sich verkürzen oder verlängern müssen, so werden allerdings bei den oben genannten Bewegungen ausser dem Hauptmuskel immer auch noch andere contrahirt sein; doch kann hier von allen jenen Lageänderungen, welche auf die Drehung des Augapfels nicht von directem Einflusse sind, abgesehen werden, da sie jedenfalls sehr unbedeutend sind und nur bei der Erwägung der Bewegungswiderstände einigermaassen in's Gewicht fallen.

jedem Momente aus einer Bewegung nach innen und aus einer solchen nach oben zusammengesetzt denken. Demnach werden hier nicht zwei sondern drei Muskeln betheiligt sein, nämlich der Rectus internus als Einwärtswender, der Rectus superior und Obliquus inferior als Heber des Augapfels. In ähnlicher Weise ist bei den Drehungen nach aussen und oben der Rectus externus mit den zwei eben genannten Muskeln, bei den in schräger Richtung abwärts gehenden Bewegungen jedesmal der Rectus inferior und Obliquus superior mit dem betreffenden äusseren und inneren geraden Muskel wirksam.

Die Frage, wie bei allen diesen Bewegungen des Auges die Kräfte der einzelnen Augenmuskeln zusammenwirken, lässt auf die einfachste Weise sich prüfen, indem man die jedesmalige Stellung des Netzhauthorizontes ermittelt. Findet man z. B., dass bei der Drehung nach oben und unten der Netzhauthorizont keine Drehung erfährt, so wird man daraus schliessen dürfen, dass die auf- und abwärts drehenden Muskeln in der Weise, wie es oben als möglich vorausgesetzt wurde, wirklich sich compensiren. Die unmittelbarste Methode aber, um sich über etwaige Richtungsänderungen des Netzhauthorizontes zu unterrichten, besteht darin, dass man durch längeres Fixiren einer horizontalen farbigen Linie ein complementäres Nachbild hervorbringt, das auf eine ebene Wand entworfen wird, und dessen Richtungsänderungen bei der Bewegung des Auges nun unmittelbar über die Richtungsänderungen des Netzhauthorizontes Aufschluss geben. Bei der Ausführung dieses Versuchs findet man, dass es eine bestimmte Ausgangsstellung gibt, von welcher an das ursprünglich horizontale Nachbild nicht nur bei der Bewegung nach innen und aussen sondern auch bei der Bewegung nach oben und unten horizontal bleibt. Die auf diese Weise ausgezeichnete Stellung, welche man die Primärstellung nennt, entspricht aber bei den meisten Augen einer Lage der Gesichtslinie, bei welcher diese etwas unter die Horizontalebene geneigt ist. Dies hängt wahrscheinlich damit zusammen, dass auch die Ebene des äusseren und inneren geraden Augenmuskels nicht genau horizontal ist[1]). Es scheint also der Netzhauthorizont und demnach das ganze Auge bei der Drehung nach innen und aussen seine Orientirung dann beizubehalten, d. h. keine Rollung zu erfahren, wenn die Gesichtslinie annähernd in der Muskelebene des Rectus externus und internus sich bewegt. Dann geschehen aber in der That diese Drehungen auf die einfachste Weise, indem sie lediglich durch die Wirkung der beiden genannten, ohne merkliche Anstrengung anderer Muskeln hervorgebracht werden können. Da nun auch bei der Bewegung nach oben und unten das Auge

[1]) Seite 535. Anm. 1.

gleich orientirt bleibt, so müssen hierbei die Wirkungen des oberen und unteren geraden sowie der schiefen Muskeln in einem solchen Verhältnisse stehen, dass sich die entgegengesetzten Drehungen des Netzhauthorizontes, welche durch je zwei zusammenwirkende Muskeln hervorgebracht werden, genau compensiren. Nun bewirken, eine gleich grosse Bewegung vorausgesetzt, die Obliqui eine viel stärkere Raddrehung als die ihnen verbundenen Recti, wie man unmittelbar aus Fig. 106 ersieht. Es muss daher, wenn jene Compensation stattfinden soll, bei einer gegebenen Hebung und Senkung der gerade Muskel mit grösserer Kraft wirken als der ihm beigegebene schräge Muskel. Hiermit steht denn auch im Einklang, dass die Obliqui viel schwächere Muskeln sind als die Recti, so dass, wenn einem geraden und einem schrägen Muskel die gleiche Innervation zugeführt wird, dadurch von selbst die richtige Compensation ihrer Wirkungen eintreten kann. Diese Erwägungen machen es wahrscheinlich, dass bei den Hebungen und Senkungen des Auges dasselbe Princip wie bei den Seitwärtswendungen in Anwendung kommt: dass nämlich jede Bewegung die möglichst einfache Innervation voraussetzt. Man könnte sich freilich fragen, warum, wenn dieses Princip bei der Anordnung der Augenmuskeln befolgt ist, nicht auch die Hebung und Senkung gleich der Seitwärtswendung bloss durch zwei symmetrisch gelagerte gerade Muskeln geschieht. Die grössere Complication, welche durch die Beigebung der Obliqui als Hülfsmuskeln herbeigeführt wird, steht aber offenbar damit in Zusammenhang, dass die Hebungen und Senkungen des Auges nicht bloss von der Ruhestellung mit gerade nach vorn gerichteten Gesichtslinien sondern von jeder beliebigen andern Stellung aus, bei der die Gesichtslinien ein- oder auswärts gekehrt sind, erfolgen können. Der obere und untere gerade Muskel sind nämlich so gelagert, dass, wenn sie sich nach aussen drehen, diejenige Componente ihrer Zugkraft, welche Hebung und Senkung der Gesichtslinie bewirkt, ab-, bei der Drehung nach innen dagegen zunimmt; die schrägen Muskeln haben umgekehrt einen solchen Verlauf, dass sich bei der Drehung nach aussen ihre Wirkung auf Hebung und Senkung vermehrt, bei der Drehung nach innen vermindert[1]. Es erhellt dies unmittelbar aus der Fig. 105 S. 536, wenn man sich die Axe hh', um welche die Drehung nach oben und unten stattfindet, unverrückt denkt, während das Auge samt den Muskelaxen $rs\,ri$, $os\,oi$ successiv nach aussen und innen gedreht wird. Bei der Drehung der Gesichtslinie gg' nach aussen nähert sich $os\,oi$, bei der Drehung nach innen $rs\,ri$ der Axe hh'. Da nun, wie oben bemerkt wurde, die Recti eine grössere Wirkungsfähigkeit besitzen, so erhellt ausserdem, dass die Hebung

[1] WUNDT, Archiv f. Ophthalmologie VIII 2. S. 62, 77.

und Senkung erleichert wird, wenn die Gesichtslinie zugleich nach innen gedreht ist. Diese Begünstigung der Convergenz ist, wie wir unten sehen werden, für die Functionen des Doppelauges von grosser Bedeutung.

Wenn man von der Primärstellung aus das Auge nicht einfach hebt oder senkt oder seitwärts wendet, sondern in schräger Richtung bewegt, so kann man, um sich über die in der zweiten Stellung eintretende Orientirung des Auges zu unterrichten, ein Nachbild benützen, das zu der Bewegungsrichtung, welche die Gesichtslinie nimmt, in derselben Weise orientirt ist wie bei den vorigen Versuchen das horizontale oder verticale Nachbild, nämlich entweder die gleiche Richtung hat wie der Weg, den die Gesichtslinie einschlägt, oder zu demselben senkrecht ist. Der Versuch zeigt hier dasselbe Resultat wie vorhin: auch bei der schrägen Bewegung behält das zum Merkzeichen dienende Nachbild seine Richtung bei; das Auge verändert also, wenn es sich von der Primärstellung aus dreht, seine ursprüngliche Orientirung nicht, in welcher Richtung die Drehung auch geschehen möge. Aus diesem Satze ergibt sich unmittelbar die mechanische Folgerung, dass alle Bewegungen aus der Primärstellung um feste Axen geschehen, deren jede zu der Ebene, welche die Gesichtslinie bei der Drehung beschreibt, im Drehpunkte senkrecht steht, und die sämmtlich in einer einzigen zur Primärstellung der Gesichtslinie im Drehpunkte senkrechten Ebene liegen. Dieses Princip der Drehungen wird nach seinem Urheber als das LISTING'sche Gesetz bezeichnet[1].

Um dieses Gesetz im allgemeinen zu bestätigen, verfährt man am besten in folgender Weise. Man befestigt einen grossen Carton, der durch verticale und horizontale Linien in gleiche Quadrate eingetheilt ist, in solcher Weise an einer fernen Wand, dass er mit hinreichender Reibung um seinen Mittelpunkt drehbar ist, um jede Lage, in die man ihn dreht, beizubehalten. Im Mittelpunkte bringt man ein rechtwinkliges Kreuz aus far-

---

[1] LISTING selbst (RUETE, Lehrb. d. Ophthalmologie, 2te Aufl. S. 37) hat das Princip nur als eine Vermuthung hingestellt. Die Primärstellung wurde von MEISSNER gefunden (Beiträge zur Physiologie des Sehorganes. Leipzig 1854. Archiv f. Ophthalmologie II, 1), der allgemeine Nachweis des Princips aber erst von HELMHOLTZ gegeben (Arch. f. Ophthalmol. IX, S. 153. Physiol. Optik S. 457 f.). In mechanischer Hinsicht hat dasselbe nur eine annähernde Gültigkeit, da namentlich bei extremen Stellungen des Auges nicht unerhebliche Abweichungen davon stattfinden, überdies, wie ich beobachtet habe, die wirkliche Bewegung des Auges meistens nicht um feste Axen zu erfolgen scheint. Erzeugt man nämlich durch kurze Betrachtung eines leuchtenden Punktes in der Dunkelheit ein positives Nachbild, so bemerkt man, dass dieses im allgemeinen nur bei der Hebung und Senkung und bei der Seitwärtswendung annähernd gerade Linien im dunkeln Gesichtsfelde zurücklegt, bei allen schrägen Bewegungen aber, auch wenn diese von der Primärstellung ausgehen, gekrümmte Bahnen beschreibt. Da jedoch bei den Gesichtswahrnehmungen sowohl extreme Stellungen des Augapfels wie rasche Bewegungen desselben nicht in Betracht kommen, so können wir hier das LISTING'sche Gesetz als vollständig zutreffend ansehen.

bigem Papier an. Man stellt sich nun in möglichst grosser Entfe
dem Carton gegenüber so auf, dass bei aufrechter Haltung des Kopf
gerade nach vorn gerichteten und (der Primärstellung entsprechend
wenig nach unten geneigten Gesichtslinien den Mittelpunkt des far
Kreuzes fixiren. Ist dies lange genug geschehen, dass ein compleme
farbiges Nachbild entstehen konnte, so bewegt man zuerst das Auge g
nach innen und aussen, dann, wieder vom Fixationspunkte aus,
oben und unten. In beiden Fällen decken sich die Schenkel des N
bildes mit den verticalen und horizontalen Linien des Cartons. Um
das Gesetz auch in Bezug auf schräge Bewegungen der Gesichtslini
prüfen, dreht man zuerst den Carton, bis die verticalen oder horizon
Linien in diejenige Richtung kommen, in welcher man die Gesicht
bewegen will. Es ist dann auch das Kreuz in der Mitte entsprechen

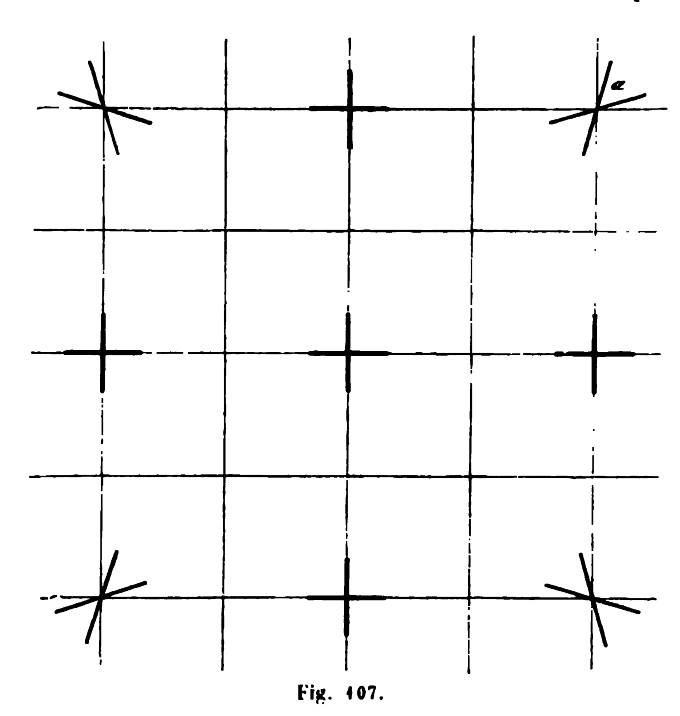


Fig. 107.

dreht worden: das Nachbild desselben behält nun, wenn man die Gesi
linie sich entlang den vorgezeichneten Linien bewegen lässt, wied
seine Richtung bei.

Dreht man bei diesem Versuch den Carton nicht, sondern lässt
mit dem aufrecht stehenden Nachbild die Gesichtslinie wandern, so
men die beiden Schenkel desselben in den Schrägstellungen eine s

ın. Bei der Bewegung nach rechts oben hat z. B. das Nachbild die
ıg *a* angenommen; in den übrigen Bewegungsrichtungen zeigt es
ıdern in Fig. 107 dargestellten Abweichungen. Diese Verschiebun-
ihren aber nicht etwa von einer Rollung des Auges her, sondern von
erspectivischen Projection des Netzhautbildes auf die ebene Wand,
:hon der Umstand vermuthen lässt, dass der verticale und der hori-
e Schenkel des Kreuzes im entgegengesetzten Sinne gedreht erschei-
Offenbar wird nämlich, wenn das Auge aus einer ersten in eine
· Stellung übergeht, ein Netzhautbild von unveränderlicher Form nur
wieder in derselben Weise nach aussen verlegt werden, wenn die
·, auf die es projicirt wird, ihre Lage zum Auge beibehält. Wenn
lie Gesichtslinie aus der geraden Stellung *a b* (Fig. 108), in welcher

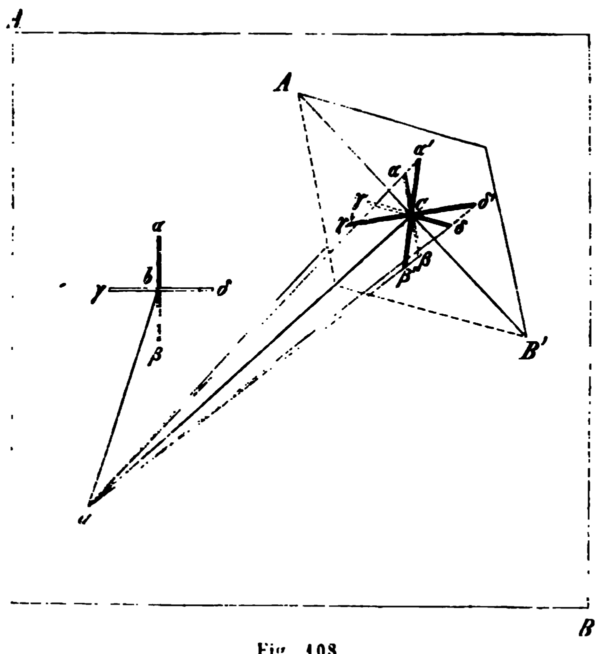


Fig. 108.

:bene der Wand *A B* annähernd senkrecht zu derselben ist, in eine
ze Stellung *a c* übergeht, so müsste das Nachbild wieder auf eine
iesichtslinie senkrechte Ebene *A' B'* projicirt werden, wenn der ver-
Schenkel $\alpha\,\beta$ des Kreuzes wieder vertical, der horizontale $\gamma\,\delta$ hori-
erscheinen sollte. Nun verlegen wir aber das Netzhautbild nicht
ie Ebene *A' B'*, sondern auf die unverändert gebliebene *A B*. Um
ɔrm zu finden, welche auf diese bezogen das nach aussen verlegte

Netzhautbild annimmt, müssen wir zu jedem einzelnen Punkt desselben eine Visirlinie ziehen: der Punkt, wo diese Linie die Wand *A B* trifft, entspricht dem Punkt des auf die Ebene *A B* bezogenen Bildes. Auf diese Weise sind in Fig. 108 von *a* aus, wo der Mittelpunkt der Pupille des beobachtenden Auges gedacht ist, die vier den Grenzpunkten des Kreuzes entsprechenden Visirlinien a α', a β', a γ' und a δ' gezogen worden. Die Figur, welche dieselben begrenzen, ist das schiefwinklige Kreuz $\alpha' \beta' \gamma' \delta'$, welches ganz dem Kreuz *a* in Fig. 107 entspricht. Durch ähnliche Constructionen findet man die andern in Fig. 107 angegebenen Drehungen des Nachbildes. Nebenbei bemerkt folgt aus diesen Beobachtungen, dass das Netzhautbild durchaus nicht immer Gesichtsvorstellungen erzeugt, die mit seiner eigenen Form übereinstimmen. Auf unserer Netzhaut existirt in den beschriebenen Versuchen das Nachbild zweifellos als ein rechtwinkliges Kreuz; trotzdem sehen wir es nicht immer rechtwinklig, sondern seine Form ist ganz und gar von der Vorstellung abhängig, die wir von der Lage der Ebene im äussern Raum, auf welche das Bild projicirt wird, besitzen [1]. Auf diese Seite der Erscheinung werden wir später zurückkommen.

Wenn das Auge nicht von der Primärstellung, sondern von irgend einer andern, einer sogenannten Secundärstellung aus sich bewegt, so behält es im allgemeinen seine constante Orientirung nicht bei: ein horizontales oder verticales Nachbild zeigt nun eine wirkliche Neigung gegen seine ursprüngliche Richtung, welche davon herrührt, dass, während die Gesichtslinie aus einer ersten in eine zweite Lage übergegangen ist, zugleich das ganze Auge eine Rollung um die Gesichtslinie erfahren hat. Man kann sich hiervon leicht überzeugen, wenn man in dem vorhin beschriebenen Versuch bei der Erzeugung des Nachbildes den Kopf vor- oder rückwärts beugt, so dass sich die Gesichtslinie nicht in der Primärstellung befindet, die Wand aber, wie früher, zur Gesichtslinie annähernd senkrecht ist. Verfolgt man nun mit dem Blick die auf dem Carton gezogenen Linien, so zeigt das Nachbild Drehungen gegen dieselben, die aber für den verticalen und horizontalen Schenkel des Kreuzes von gleicher Grösse und Richtung, nicht, wie bei den von der Projection herrührenden Verschiebungen, ungleich sind. Die auf diese Weise entstehenden Raddrehungen sind übrigens sehr klein, so lange das Auge nicht in extreme Stellungen übergeht, welche normaler Weise, wo alle umfangreichen Drehungen durch den Kopf mitbesorgt werden, kaum vorkommen; ihrer Grösse nach stimmen sie zu der Voraussetzung, dass auch die Drehungen von Secundärstellungen aus um Axen erfolgen, welche in der

[1] Dass es hierbei nicht auf die wirkliche Lage einer solchen Ebene ankommt sondern auf diejenige, die wir derselben in unserer Vorstellung anweisen, folgt einfach daraus, dass wir überhaupt von ihrer wirklichen Lage nur durch unsere Vorstellung etwas wissen. Man kann sich hiervon aber auch experimentell überzeugen, indem man auf der Projectionsebene eine perspectivische Zeichnung anbringt, durch welche eine falsche Vorstellung ihrer Lage erweckt wird. Man projicirt dann gemäss dieser falschen Vorstellung. Einen hierher gehörigen Versuch siehe bei VOLKMANN, physiologische Untersuchungen im Gebiete der Optik. Leipzig 1863. I, S. 156.

vorhin bezeichneten Axenebene, d. h. in derjenigen Ebene, die auf der Primärstellung der Gesichtslinie im Drehpunkte senkrecht steht, gelegen sind[1]). Es ist an und für sich klar, dass, wenn alle Drehungsaxen in dieser Ebene liegen, bei den Bewegungen von Secundärstellungen aus Rollungen um die Gesichtslinie eintreten müssen, weil eben in diesem Fall die Drehungsaxe nicht senkrecht stehen kann auf der Ebene, in welcher sich die Gesichtslinie bewegt, einen einzigen Fall ausgenommen: wenn nämlich die Ebene der Drehung den durch die Primärstellung gelegten Meridiankreisen angehört oder, mit andern Worten, wenn die Gesichtslinie eine solche Bewegung ausführt, die man sich ohne Wechsel der Drehungsaxe von der Primärstellung ausgehend oder in sie fortgesetzt denken kann.

Das Gesetz der Drehung um constante, in einer Ebene gelegene Axen schliesst unmittelbar das weitere Princip in sich, dass die Orientirung des Auges für jede Stellung der Gesichtslinie eine constante ist, welche wiederkehrt, auf welchen Wegen man auch die Gesichtslinie in diese Stellung übergeführt haben mag. Man kann sich von der Richtigkeit dieses Princips, welches als das Gesetz der constanten Orientirung bezeichnet wird[2]), mittelst derselben Methode überzeugen, welche zur Prüfung des Listing'schen Gesetzes dient (S. 541 f.). Das Nachbild des Kreuzes, welches man in der Primär- oder in irgend einer andern Ausgangsstellung erzeugt hat, zeigt bei einer bestimmten Stellungsänderung der Gesichtslinie immer dasselbe Lageverhältniss zu den Orientirungslinien der Wand, auf welche Weise man auch die Gesichtslinie aus der ersten in die zweite Stellung übergeführt haben mag. Doch kommen von diesem Princip kleine Ausnahmen vor. Erstens nämlich findet man, dass zuweilen bei der ersten Einstellung eine abnorme Rollung besteht, die dann erst bei dauernder Fixation der normalen Orientirung der Netzhaut Platz macht[3]); und zweitens ist, wie Hering gefunden hat, die Orientirung eines jeden Auges, ausser von der Lage seiner eigenen Gesichtslinie, auch von derjenigen des andern Auges in gewissem Grad abhängig. Bleibt nämlich die Gesichtslinie des einen Auges fest, während die des andern sich ein- oder auswärts dreht, so dass der gemeinsame Fixationspunkt näher oder ferner

---

1) Helmholtz, physiologische Optik, S. 467. Archiv f. Ophthalmologie IX, 2 S. 206.

2) Dasselbe wurde bereits vor Kenntniss des Listing'schen Gesetzes von Donders gefunden (Holländische Beiträge zu den anatomischen u. physiol. Wissenschaften. 1847. I, S. 104, 384).

3) Helmholtz, Archiv f. Ophthalmologie IX, 2 S. 190 f. Physiol. Optik S. 475 f. Solche abnorme Rollungen, welche nach den Beobachtungen von Helmholtz unter Umständen auch durch den Einfluss des Willens hervorgebracht werden können, wenn in der Vereinigung von Doppelbildern dazu ein Motiv gegeben ist, sind übrigens meistens sehr gering. Von Hering (die Lehre vom binocularen Sehen S. 60) wird die Möglichkeit willkürlicher Rollungen überhaupt bestritten.

rückt, so erfährt das ruhende Auge kleine Rollungen im selben Sinne wie das bewegte[1]).

Die Bewegungen des Auges werden, wie uns die Zergliederung seiner Muskelwirkungen wahrscheinlich gemacht hat, hauptsächlich durch die Vertheilung der Muskelkräfte bestimmt (S. 540). Eine gegebene Bewegung wird mit möglichst geringem Aufwand von Kraft geschehen, je mehr dabei überflüssige Nebenwirkungen vermieden sind[2]). Solche würden aber stattfinden, wenn das Auge stärkere Rollungen um die Gesichtslinie erführe. Das LISTING'sche Gesetz, welches solche ausschliesst, hat wahrscheinlich hierin seine mechanische Bedeutung. Noch entschiedener spricht sich diese Ursache der Bewegungsgesetze in dem Princip der constanten Orientirung aus. Könnte das Auge aus einer ersten in eine zweite Stellung auf verschiedene Weisen gleich ungehindert übergehen, so wäre nicht abzusehen, warum nicht in der That die Bewegung auf verschiedene Weise sollte geschehen können. Wenn eine Bewegungsform ausschliesslich gewählt wird, so muss diese durch die mechanischen Bedingungen bevorzugt sein. Unser Auge verhält sich in dieser Hinsicht nicht anders als andere Bewegungswerkzeuge. Uebung und Gewohnheit werden gewiss auch hier von Bedeutung sein. Wir wollen darum nicht bestreiten, dass die Bedürfnisse des Sehens in den Gesetzen der Augenbewegung ihren Ausdruck gefunden haben; aber ihr Einfluss wird gerade darin sich äussern müssen, dass er auf die mechanischen Bedingungen der Bewegung bestimmend einwirkt. Auch lässt sich die Frage, ob die mechanischen oder die physiologischen Vorbedingungen als die früheren anzusehen seien, nicht sofort im einen oder andern Sinne beantworten. In der individuellen Ausbildung sind jedenfalls die mechanischen Verhältnisse die ursprünglicheren. Wie das Auge des Neugeborenen, schon bevor das Sehorgan seine Function beginnt, zur Erzeugung optischer Bilder zweckmässig construirt ist, so besitzt es auch einen vollkommen ausgebildeten Bewegungsmechanismus. Wir werden daher jedenfalls mit grösserer Wahrscheinlichkeit sagen dürfen, dass sich das Sehen unter dem Einfluss der mechanischen Bewegungsgesetze des Auges gebildet habe, als umgekehrt. Dies schliesst aber allerdings nicht aus, dass in einer weiter zurückreichenden generellen Entwicklung umgekehrt die Bedürfnisse des Sehens auf die Organisation, wie des Auges überhaupt, so auch seiner Bewegungswerkzeuge eingewirkt haben. Wir werden auf diese Frage später zurückkommen, nachdem die Erscheinungen, in denen sich der Ein-

---

[1]) HERING, a. a. O., S. 57, 94.

[2]) Man vergleiche über dieses Princip: FICK, Zeitschr. f. rat. Medicin. N. F. IV, S. 101 und in MOLESCHOTT'S Untersuchungen V, S. 193. WUNDT, Archiv f. Ophthalmologie VIII, 2 S. 1.

Auss der Bewegungsgesetze auf die Gesichtsvorstellungen äussert, besprochen sind.

Es wurde oben (S. 533) bemerkt, dass für das ruhende Auge keine zureichenden Motive existiren, vermöge deren es sein Sehfeld als eine Fläche von bestimmter Form wahrnehmen müsste. Trotzdem pflegt dasselbe eine bestimmte Form zu besitzen: es erscheint uns, sobald speciellere Gründe fehlen, welche auf eine andere Ordnung seiner Punkte hinweisen, als innere Oberfläche einer Kugelschaale. An einer solchen scheinen uns daher die Gestirne vertheilt zu sein, und der Himmel selbst erscheint unserm Auge noch heute als das, wofür kindlichere Zeiten ihn wirklich hielten, als ein kugelförmiges Gewölbe. In der unter dem Horizont gelegenen Hälfte des Sehfeldes hört diese Kugelform auf, weil hier durch die Bodenebene und die auf ihr befindlichen Gegenstände andere und im Ganzen wechselndere Bedingungen gegeben sind. Der naheliegende Grund jener Anschauung ist aber die Bewegung des Auges. Bei dieser beschreibt der Fixationspunkt fortwährend grösste Kreise, die einer Hohlkugelfläche angehören. Als Mittelpunkt des kugelförmigen Sehfeldes, das wir beim Mangel sonstiger Motive erblicken, ist daher der Drehpunkt des Auges zu betrachten. Da nun auch das ruhende Auge sein Sehfeld kugelförmig sieht, so liegt eigentlich hierin schon ein Grund für die Annahme, dass die ursprünglichsten Raumvorstellungen unter dem Einfluss der Bewegung entstanden sind. Es liesse sich jedoch dem entgegenhalten, möglicher Weise besitze die Netzhaut eine ihr innewohnende Energie, ihre Bilder auf ein kugelförmiges Sehfeld zu beziehen. Vielleicht, könnte man denken, weil sie selbst kugelförmig gekrümmt ist, obgleich sich freilich Gründe für einen solchen Zusammenhang nicht angeben lassen. Hier tritt nun aber eine Reihe von Beobachtungen entscheidend ein, welche zeigen, dass das Auge nicht nur im allgemeinen seine Netzhautbilder auf eine Fläche im äussern Raum verlegt, die der Form seiner Bewegung entspricht, sondern dass auch die einzelne Anordnung der Punkte auf dieser Fläche ganz und gar durch die Bewegungsgesetze des Auges bestimmt ist.

Nennen wir die Fläche, auf welcher der Fixations- oder Blickpunkt bei seinen Bewegungen hin- und hergeht, das Blickfeld, so können wir die oben besprochene allgemeine Erfahrung in den Satz zusammenfassen: **das Sehfeld des bewegten sowohl wie des ruhenden Auges hat im allgemeinen die nämliche Form wie das Blickfeld.** Um nun weiterhin den Einfluss der Bewegung auf die Anordnung der Punkte im Sehfelde zu ermitteln, denken wir uns am zweckmässigsten die Veränderungen, die am Auge vor sich gehen, vollständig in das Blickfeld

hinübergetragen. Die Linie, welche den Blickpunkt mit dem Drehpunkt des Auges verbindet, heisst die Blicklinie; sie liegt der Gesichtslinie, dem Richtungsstrahl des Blickpunktes, sowie der Hauptvisirlinie (S. 524, 531), so nahe, dass man sie als mit diesen beiden zusammenfallend betrachten kann. Jede Bewegung der Blicklinie wird im allgemeinen einer vom Blickpunkt beschriebenen Curve entsprechen. Denjenigen Blickpunkt, welcher der Primärstellung der Gesichtslinie angehört, nennen wir den Hauptblickpunkt. Von der Primärstellung aus erfolgen alle Drehungen so, dass der Blickpunkt grösste Kreise beschreibt, die sich im Hauptblickpunkt durchschneiden. Stellen wir uns das Blickfeld als eine ganze Kugel vor, so schneiden sich diese Kreise, welche man die Meridiankreise des Blickfeldes nennen kann, noch in einem zweiten dem Hauptblickpunkt gerade gegenüber liegenden Punkt der Kugeloberfläche, dem Occipitalpunkt. Der Hauptblickpunkt und der Occipitalpunkt sind somit entgegengesetzte Endpunkte eines Durchmessers. Die Fig. 109 zeigt diese Eintheilung des Blickfeldes in perspektivischer Ansicht. *A* ist das Auge, *H* der Hauptblickpunkt, *O* der Occipitalpunkt, die Linie *HO* liegt, gemäss der Primärstellung, etwas unter der Horizontalebene; durch *H* und *O* sind die Meridiankreise gezogen [1]. Denken wir die letztern vom Drehpunkt, als dem Mittelpunkt des kugelförmigen Blickfeldes, aus auf eine Ebene projicirt, welche auf der Primärstellung der Gesichtslinie senkrecht steht, so bilden sie sich hier als gerade Linien ab, welche sich im Fixationspunkte durchschneiden; die horizontale dieser Linien entspricht dem Netzhauthorizont. Wir wollen diese Projection das ebene Blickfeld und die geraden Linien, welche in ihm als Projectionen der Meridiankreise vom Hauptblickpunkte auslaufen, die Richtlinien nennen.

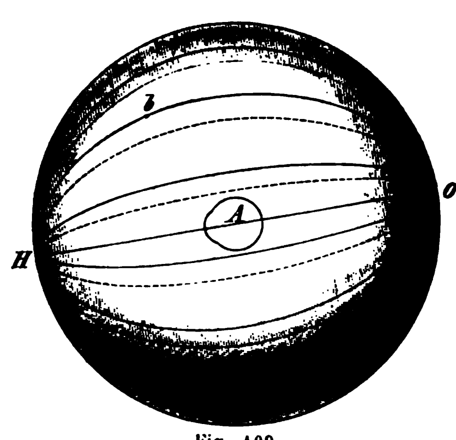


Fig. 109.

[1]) Um die Lage irgend eines Punktes im Blickfeld oder Sehfeld genau zu bestimmen, kann man dasselbe ausser in Meridiankreise noch in Breitekreise eintheilen, welche sich sämmtlich in zwei Punkten schneiden, die in dem durch den Netzhauthorizont gelegten Meridian rechts und links um 90° vom Blickpunkt und Occipitalpunkt abliegen. Es erfolgt nun die Lagebestimmung ganz nach Analogie der geographischen Ortsbestimmung. Aber für die Bewegung des Auges haben nur die Meridiankreise eine Bedeutung, als die Wege, die nach dem Listing'schen Gesetz der Blickpunkt von der Primärstellung aus einschlägt.

Wenn sich nun das Auge von der Primärstellung aus dreht, so muss sich die Gesichtslinie in Meridiankreisen oder auf dem ebenen Blickfeld in Richtlinien bewegen. Hierbei bleibt nach dem LISTING'schen Gesetz das gegenseitige Lageverhältniss der Meridiankreise im kugelförmigen Blickfeld ungeändert. Wenn der Blickpunkt von *H* zuerst auf *a* und dann auf *b* (Fig. 109) übergeht, so kommt beim zweiten Act dieser Bewegung der Bogen *ab* genau auf dieselbe Stelle der Netzhaut zu liegen wie vorher der Bogen *Ha*. Denken wir uns das in Fig. 109 dargestellte, der Primärlage entsprechende Blickfeld fixirt und dann das Sehfeld des ruhenden Auges in ganz derselben Weise in Meridiankreise getheilt, so dass in der Primärstellung Blickfeld und Sehfeld zusammenfallen, so können wir uns vorstellen, bei den Bewegungen verschiebe sich das Sehfeld gegen das Blickfeld wie eine Kugelschaale gegen eine ihr concentrische vom gleichen Radius. Es verschiebt sich dann bei allen Drehungen von der Primärstellung aus derjenige Meridiankreis des Sehfeldes, in welchem die Blicklinie liegt, genau in demjenigen Meridiankreis des Blickfeldes, mit welchem er in der Primärstellung zusammenfiel: beide Meridiankreise decken einander während der ganzen Bewegung. Wäre das LISTING'sche Gesetz nicht erfüllt, erführe das Auge bei jeder Drehung zugleich eine Rollung um die Gesichtslinie, so würde eine solche fortwährende Deckung der einander entsprechenden Meridiankreise nicht stattfinden können, sondern es würde zugleich in Folge der Rollung des Auges der Meridiankreis des Sehfeldes gegen den ihm entsprechenden des Blickfeldes sich drehen, und er würde so fort und fort mit andern Meridiankreisen des letzteren zusammenfallen. Bei denjenigen Bewegungen des Auges, welche nicht von der Primärlage ausgehen, wird dies wegen der hierbei stattfindenden Rollungen auch in der That der Fall sein. Die Bewegungen von der Primärlage aus sind also insofern bevorzugt, als bei ihnen die Auffassung der Richtungen im kugelförmigen Blickfeld durch die gleichförmige Orientirung des Auges begünstigt wird. Denn eine sichere Bestimmung der Richtungen ist nur möglich, wenn die Wahrnehmungen, welche bei der Bewegung des Blicks stattfinden, mit der Auffassung des ruhenden Auges übereinstimmen. Eine Linie, bei deren Verfolgung sich der Blick in einem Meridiankreise bewegt, muss dem ruhenden Auge im selben Meridiankreise erscheinen, wenn sich kein Widerspruch zwischen beiden Wahrnehmungen herausstellen soll. Das ist aber nur möglich, wenn zwischen dem ruhenden Blickfeld und dem bewegten Sehfeld jene Uebereinstimmung besteht, welche sich aus dem LISTING'schen Gesetze ergibt. Bei den Bewegungen, welche nicht von der Primärlage ausgehen, wird dann allerdings die Auffassung der Richtungen eine mangelhaftere sein. In der That lehrt die Erfahrung, dass wir, wo es sich um eine genaue Abmessung der Richtung von Linien handelt, dem Auge

unwillkürlich eine etwas zum Horizont geneigte, der Primärlage entsprechende Stellung geben.

Jene Uebereinstimmung der von dem Blick verfolgten Richtungen im Blick- und Sehfeld besteht nur, wenn wir uns das Netzhautbild auf eine kugelförmige Blick- und Sehfeldfläche bezogen denken; sie hört auf, sobald wir irgend eine andere Form, z. B. eine Ebene an ihre Stelle setzen. Denken wir uns die in der Primärstellung zur Gesichtslinie senkrechte Ebene als unveränderliches Blickfeld, und nehmen wir als wechselndes Sehfeld eine andere Ebene an, die in der Primärstellung wieder mit dem Blickfeld zusammenfällt, aber mit der Gesichtslinie wandert, so dass sie in allen Lagen des Auges zu dieser senkrecht bleibt. Die Richtlinien dieser beiden Ebenen, die in der Ausgangsstellung sich decken, werden sich jetzt nur noch bei der Bewegung in zwei Richtungen innerhalb der gleichen Meridiankreise verschieben, wenn nämlich die Drehung von der Primärlage aus gerade nach oben und unten oder gerade nach aussen und innen gerichtet ist. Bei diesen beiden Bewegungen werden die vertical und horizontal liegenden Richtlinien beider Ebenen vom Auge aus gesehen in vollständiger Deckung bleiben. Sobald dagegen das Auge eine andere Stellung annimmt, so müssen dem Auge die Richtlinien des Blickfeldes und Sehfeldes gegen einander geneigt erscheinen; denn denkt man sich nun durch den Drehpunkt und die betreffende Richtlinie des Sehfeldes eine Ebene gelegt, so trifft die letztere das Blickfeld nicht mehr in derjenigen Richtlinie, welche in der Ausgangsstellung mit ihr zusammenfällt. In der That haben wir uns davon in den früher beschriebenen Nachbildversuchen durch die unmittelbare Projection der Netzhautbilder nach aussen bereits überzeugt (S. 543, Fig. 108). Die in der Primärstellung zur Gesichtslinie senkrechte Wand *A B* entspricht dem ebenen Blickfeld. Denken wir uns diese Wand bei den Drehungen des Auges mit der Gesichtslinie, immer senkrecht zu derselben, bewegt, so ist die wandernde Ebene *A' B'* das ebene Sehfeld. Ein Nachbild, welches in der Primärstellung mit einer der Richtlinien zusammenfällt, deckt in irgend einer Secundärstellung wieder die nämliche Richtlinie des ebenen Sehfeldes, auf das unveränderliche Blickfeld projicirt schliesst es aber mit der Richtlinie, mit der es ursprünglich zusammenfiel, einen bestimmten Winkel ein. Die Fig. 107, welche die Neigung dieses Winkels bei den vier schrägen Stellungen für ein ursprünglich verticales und horizontales Nachbild angibt, stellt also zugleich das Lageverhältniss dar, welches die Richtlinien des Sehfeldes zu denen des Blickfeldes besitzen, wenn man das letztere als eine zur Primärstellung senkrechte Ebene annimmt und sich das Sehfeld auf dieses Blickfeld projicirt denkt.

Wenn nun das Auge ein auf seiner Netzhaut oder in seinem Seh-

felde rechtwinkliges Kreuz in seinem Blickfelde schiefwinklig sehen kann, so wird umgekehrt ein im Sehfelde schiefwinkliges Kreuz auf das Blickfeld bezogen rechtwinklig erscheinen können. Die Richtigkeit dieses Satzes lässt sich leicht auf folgende Weise bestätigen. Man nehme einen grossen Bogen weissen Papiers, in dessen Mitte man einen schwarzen Punkt anbringt, der als Fixationspunkt dient. Dieser Bogen, in der Primärstellung senkrecht zur Blicklinie gehalten, repräsentirt das Blickfeld, d. h. diejenige Fläche, welche der Blickpunkt successiv durchwandern kann. Nun bringe man seitlich vom Fixationspunkt zwei schwarze Papierschnitzel, die genau in einer Verticallinie liegen, auf demselben Bogen an. Man wird bemerken, dass dieselben nur dann in einer Verticallinie zu liegen scheinen, wenn ihre Richtung entweder mit der durch den Blickpunkt gelegten Verticalen zusammenfällt oder zu der durch den Blickpunkt gelegten Horizontalen senkrecht ist. In den übrigen Theilen des Blickfeldes dagegen muss man den Objecten in Wirklichkeit eine schräge Lage geben, wenn sie im indirecten Sehen vertical erscheinen sollen, und zwar muss in allen schrägen Lagen das in verticaler Richtung vom Blickpunkt entferntere Object auch nach der horizontalen weiter von demselben weggeschoben werden. Die Lage, welche den beiden Papierschnitzeln in den verschiedenen Meridianen des Blickfeldes gegeben werden muss, wenn sie in einer verticalen Linie liegend erscheinen sollen, entspricht also ganz derjenigen Richtung, welche nach Fig. 107 (S. 542) ein verticales Nachbild annimmt, wenn der Blick auf der ursprünglichen, zur Primärstellung senkrechten Blickebene hin- und herwandert[1]. Bestimmt man in ähnlicher Weise die Lage der im indirecten Sehen horizontal erscheinenden Punkte, so findet man, dass diese in den schräg geneigten Meridianen wieder, diesmal aber nach der entgegengesetzten Richtung abweichen, ganz wie es nach Fig. 107 der Neigung entspricht, die ein in der Primärstellung horizontales Nachbild beim Wandern des Blicks annimmt. Gibt man dem Papierbogen eine andere, der Primärstellung nicht entsprechende Lage, so werden auch die Richtungen, die man den indirect gesehenen Punkten geben muss, um sie vertical oder horizontal erscheinen zu lassen, andere als vorhin, immer aber fallen sie mit jenen Richtungen zusammen, welche bei wanderndem Blick ein

[1] Man kann leicht constatiren, dass die Verschiebungen der indirect gesehenen Objecte auch ihrer Grösse nach den Richtungsänderungen des Nachbildes entsprechen. Zu diesem Zweck bringe man, nachdem diejenige Lage der Objecte festgestellt ist, bei der sie indirect gesehen in den verschiedenen Meridianen des Blickfeldes vertical erscheinen, im Fixationspunkte einen verticalen farbigen Streifen an und lasse, sobald das complementär gefärbte Nachbild entwickelt ist, den Blick über die verschiedenen Theile des Blickfeldes wandern: man wird nun bemerken, dass das Nachbild überall dieselbe Richtung annimmt, in welche man vorhin die beiden Objecte bringen musste.

verticales und horizontales Nachbild in seiner Projection auf die Ebene des Papiers hat[1].

Diese Erscheinungen zeigen, dass die Eindrücke, die wir bei bewegtem Auge empfangen, auf die Abmessungen im Sehfeld des ruhenden Auges übertragen werden. Wenn sich das Auge von der Primärstellung aus in eine Lage *a* (Fig. 107) bewegt, so bilden sich auf dem verticalen und horizontalen Meridian der Netzhaut nicht mehr eine im Blickfeld verticale und horizontale sondern zwei geneigte Linien ab, die nämlichen, in deren Richtung das Auge ein ursprünglich verticales und horizontales Nachbild projicirt. Demnach erscheinen denn auch dem ruhenden, auf seinen Hauptblickpunkt eingestellten Auge jene geneigten Linien als senkrechte, und solche, die in Wirklichkeit senkrecht zu einander sind, erscheinen geneigt. Wenn das Auge den Punkt *a* selbst fixirt, so verschwindet die Täuschung, indem die im Blickpunkt und in dessen Umgebung befindlichen Objecte immer in das jeweilige Sehfeld mit Rücksicht auf die Lage, welche unsere Vorstellung dem letzteren anweist, verlegt werden. Wir können daher die obigen Erfahrungen auch folgendermaassen ausdrücken: Nur die direct gesehenen Objecte erscheinen uns im allgemeinen in ihrer wirklichen Lage, alle indirect gesehenen dagegen in derjenigen, die sie annehmen würden, wenn ihr Netzhautbild in den Blickpunkt und seine unmittelbare Umgebung verlegt würde.

Da nicht nur die allgemeine Form des Sehfeldes, sondern auch das gegenseitige Lageverhältniss der Objecte in demselben mittelst der Bewegungen des Auges festgestellt wird, so ist ohne die letzteren eine räumliche Gesichtsvorstellung überhaupt nicht denkbar. Denn ein unbestimmtes räumliches Sehen, wie man es zuweilen angenommen, bei dem nur die allgemeine Form des Nebeneinander ohne jede Raumbestimmung der einzelnen Objecte zu einander gegeben wäre, ist eine Fiction, der ebenso wenig Wirklichkeit zukommen kann wie einer Zeitreihe ohne Inhalt. Eine schöne Bestätigung dieses Einflusses der Bewegung gewähren die Veränderungen, welche in der räumlichen Beziehung der Gesichtsobjecte in Folge von Lähmung einzelner Augenmuskeln eintreten[2]. Wird

---

[1] Beobachtet sind die hier beschriebenen Erscheinungen zuerst von RECKLINGHAUSEN (Archiv f. Ophthalmologie V, 2 S. 127), ihren Zusammenhang mit den Bewegungsgesetzen hat HELMHOLTZ nachgewiesen (Physiol. Optik, S. 548). Ich habe oben eine etwas andere Form des Versuchs gewählt, indem ich die Beobachtung über die Abweichung der Richtungen im indirecten Sehen mit Nachbildversuchen combinirte, wodurch, wie ich glaube, der Zusammenhang mit den Bewegungsgesetzen besonders schlagend wird.

[2] Vergl. A. v. GRAEFE, Archiv f. Ophthalmologie I, 1 S. 18. ALFR. GRAEFE. ebend. XI, 2 S. 6. NAGEL, das Sehen mit zwei Augen. Leipzig und Heidelberg 1861. S. 124 f. A. v. GRAEFE, Symptomenlehre der Augenmuskellähmungen. Berlin 1867. S. 10, 95.

z. B. der äussere gerade Augenmuskel, etwa in Folge einer Verletzung, plötzlich wirkungslos, so bleibt nichts desto weniger die Tendenz bestehen, das Auge gelegentlich nach aussen zu drehen; die hierzu aufgewandte Innervationsanstrengung ist aber ohne Erfolg. Man bemerkt nun in solchem Fall, dass sich das Auge nach allen andern Richtungen im Blickfelde richtig zu drehen vermag und auch die Lage der Dinge richtig wahrnimmt. Sobald es sich aber nach aussen zu drehen strebt, tritt eine Scheinbewegung der Objecte ein: diese scheinen sich nun nach derselben Seite zu bewegen, nach welcher das Auge vergebliche Innervationsanstrengungen macht. Offenbar rührt dies davon her, dass der Patient das Auge, obgleich es stille steht, für bewegt hält. Wenn aber ein normales Auge, welches z. B. nach rechts bewegt wird, dabei immer dieselben Gegenstände sieht, so müssen sich diese ebenfalls nach rechts bewegen; das gelähmte Auge objectivirt also sein Innervationsgefühl, und da es selbst stille steht, so scheinen sich ihm die Gegenstände zu drehen. Ist die Lähmung des Rectus externus eine unvollständige, so kann das Auge zwar einen nach aussen liegenden Gegenstand fixiren, aber es ist dazu eine grössere Innervationsanstrengung erforderlich. Demgemäss wird denn auch der Gegenstand weiter nach aussen verlegt, als er sich in der That befindet. Soll der Patient nach demselben greifen, so greift er aussen daran vorbei[1]). Diese Erscheinungen beweisen, dass unser Urtheil über die Lage eines Gegenstandes im Raum wesentlich durch das Innervationsgefühl bestimmt wird, welches jeden Antrieb zur Bewegung begleitet.

Aus demselben Princip erklären sich zahlreiche Erscheinungen im Gebiet des normalen Sehens, die man zu den Gesichtstäuschungen oder pseudoskopischen Erscheinungen zu zählen pflegt[2]). Wir können die hier einschlagenden Erfahrungen in zwei Classen bringen. Die erste umfasst Abweichungen in der Ausmessung geradliniger Distanzen, welche von der Richtung der letzteren abhängig sind; in die zweite gehören Täuschungen des Augenmaasses, welche von der Art der Ausfüllung des Sehfeldes herrühren.

Wir können Distanzen im Gesichtsfelde nur dann mit einiger Genauig-

---

[1]) In der Regel wird in diesen Fällen das Sehen auch noch durch die Doppelbilder gestört, welche in Folge der gestörten Harmonie der Bewegungen zwischen dem gelähmten und dem gesunden Auge auftreten. Will man bloss den Effect der Muskellähmung beobachten, so ist es daher nothwendig, bei den Versuchen das normale Auge zuzubinden.

[2]) Im engeren Sinne pflegt man mit Wheatstone nur die Täuschungen über das Relief, also das Sehen von Vertiefungen an Stelle von Erhabenheiten und umgekehrt, oder auch das körperliche Sehen flacher Figuren, als pseudoskopische Erscheinungen zu bezeichnen. Aber da der Wortbedeutung nach Pseudoskopie und Gesichtstäuschung identisch sind, so gebrauchen wir im folgenden beide Ausdrücke in übereinstimmendem Sinne.

keit vergleichen, wenn sie gleiche Richtung haben. Wenn wir z. B. einer gegebenen Geraden eine zweite gleich machen wollen, so müssen wir derselben die nämliche Richtung geben. Auch dann finden noch kleine Ungenauigkeiten statt, welche sich um so mehr vermindern, je mehr wir mit dem bewegten Auge die Distanzen vergleichend abmessen. Dagegen wird bei Ausschluss der Bewegung, z. B. bei momentaner Beleuchtung durch den elektrischen Funken, die Grössenschätzung sehr viel unsicherer. Auch bei den mittelst der Bewegung ausgeführten Beobachtungen sind übrigens ausserdem noch mehrere Versuchsbedingungen von wesentlichem Einflusse. So ergeben sich bei der Vergleichung zweier Distanzen, die sich in ungleicher Entfernung vom Auge befinden, gewisse Fehler, die von der verschiedenen Grösse der beiden Netzhautbilder herrühren. Bei dieser Vergleichung bringt man nämlich im allgemeinen die Entfernung vom Auge in Rechnung: man sieht also zwei gleich grosse Distanzen annähernd gleich, auch wenn die eine weiter entfernt ist als die andere. Aber der Fehler, den man bei der Schätzung begeht, ist grösser, als wenn beide Distanzen gleich weit entfernt sind, und zwar wechselt er bei verschiedenen Individuen, indem die Einen die nähere, die Andern die entferntere Distanz grösser zu schätzen geneigt sind[1]. Diese Abweichungen sind offenbar dadurch verursacht, dass hier die gewöhnliche Unsicherheit des Augenmaasses noch durch die Ungenauigkeiten complicirt wird, welche die Inbetrachtnahme der Entfernung vom Beobachter verursacht, und zwar scheinen manche Individuen den Einfluss der Entfernung auf die Grösse des Netzhautbildes zu überschätzen, andere zu unterschätzen. Ferner finde ich, dass man den Abstand zweier Punkte, z. B. zweier Cirkelspitzen, ungenauer schätzt als die Grösse einer Linie. Dies hängt mit einer Erscheinung zusammen, die uns nachher beschäftigen wird, damit nämlich, dass leere Abstände im Gesichtsfeld kleiner erscheinen als solche, bei denen dem Auge fortwährend ein Fixationspunkt geboten wird; im letzteren Fall gewinnt dann das Augenmaass zugleich an Sicherheit. Will man daher Distanzen gleicher Richtung unter gleichförmigen Bedingungen vergleichen, so müssen sie sich 1) in gleicher Entfernung vom Auge befinden, und sie müssen 2) entweder beide in der Form von geraden Linien oder beide als Punktdistanzen gegeben sein, wobei zugleich der erstere Fall die günstigere Bedingung für das Augenmaass darbietet[2].

Unter Voraussetzung der obigen Bedingungen lässt sich nun die Genauigkeit des Augenmaasses nach folgenden Methoden bestimmen: 1) man

[1] Fechner, Elemente der Psychophysik II, S. 312.

[2] Manche Unterschiede, die sich zwischen den Resultaten einzelner Beobachter herausstellten, erklären sich wohl hauptsächlich daraus, dass im einen Fall Liniengrössen, im andern Punktdistanzen verglichen wurden. Vgl. S. 555.

ermittelt diejenige Differenz zweier Linien oder Punktdistanzen bei welcher ein Grössenunterschied derselben eben merklich wird; 2) man sucht die eine Distanz der andern gleich zu machen und bestimmt dann aus einer grösseren Zahl von Versuchen den mittleren Fehler; 3) man wählt die Abstände so, dass ihr Unterschied nicht mehr deutlich zu merken ist, und bestimmt wieder in einer Reihe von Beobachtungen die Zahl der richtigen und falschen Fälle. Es bieten sich also auch hier die allgemeinen psychophysischen Maassmethoden zur Untersuchung dar[1]. Die Versuche von FECHNER und VOLKMANN, welche hauptsächlich nach der zweiten und zum Theil auch nach der ersten dieser Methoden angestellt sind, zeigen nun, dass das Augenmaass bei der Vergleichung geradliniger Abstände im allgemeinen dem WEBER'schen Gesetze entspricht, dass also der eben merkliche Unterschied oder der mittlere Fehler einen constanten Bruchtheil der Normaldistanz ausmacht, mit der eine andere verglichen wurde, oder der man eine andere gleich zu machen suchte. So fand VOLKMANN, dass bei einer Sehweite von 340 Mm. für Distanzen, die von 4,24 bis 101,04 Mm. variirten, der mittlere Fehler sehr nahe ein constanter Bruchtheil, nämlich ungefähr $\frac{1}{100}$, der beobachteten Distanz war; die Resultate der einzelnen Versuchsreihen schwanken zwischen $\frac{1}{99}$ und $\frac{1}{119}$[2]. Etwas grösser fand denselben FECHNER, nämlich $= \frac{1}{62,5}$[3], was zum Theil davon herrühren mag, dass derselbe Punktdistanzen bestimmte, während VOLKMANN Liniengrössen verglich. Viel grösser sind aber die Abweichungen zwischen verschiedenen Individuen bei der Methode der eben merklichen Unterschiede, wo die Verhältnisszahl mindestens zwischen $\frac{1}{40}$ und $\frac{1}{90}$ zu schwanken scheint[4]; dies hat in der früher erörterten Unsicherheit dieser Methode seinen naheliegenden Grund[5]. Nimmt man die verglichenen Distanzen erheblich kleiner, als oben angegeben ist, so bleibt das psychophysische Gesetz nicht mehr gültig, sondern es wird nun der mittlere Fehler immer grösser. So fand VOLKMANN bei einer Sehweite von 340 Mm. in zwei Versuchsreihen folgende relative Ausgleichungsfehler bei Distanzen von 5 Mm. an abwärts[6].

I.	5	4	3	2	1 Mm.		
	$\frac{1}{107}$	$\frac{1}{101}$	$\frac{1}{97}$	$\frac{1}{87}$	$\frac{1}{86}$		
II.	1,4	1,2	1,0	0,8	0,6	0,4	0,2 Mm.
	$\frac{1}{73}$	$\frac{1}{68}$	$\frac{1}{68}$	$\frac{1}{63}$	$\frac{1}{33}$	$\frac{1}{42}$	$\frac{1}{19}$

1) Vergl. Cap. VIII, S. 596 f.

2) VOLKMANN, physiolog. Untersuchungen im Gebiete der Optik I, S. 128, 183.

3) FECHNER, Elemente der Psychophysik I, S. 217. Daselbst sind 3 ältere Versuchsreihen VOLKMANN's mitgetheilt, welche $\frac{1}{88,5}$, $\frac{1}{92,5}$ und $\frac{1}{103,1}$ ergaben.

4) FECHNER (a. a. O. I, S. 234) fand $\frac{1}{50}$, KRAUSE (bei VOLKMANN, S. 130) bei 200 Mm. Sehweite und 0,5—1,8 Mm. Distanz $\frac{1}{90}$.

5) Vgl. S. 296.

6 a. a. O. S. 133, 134.

Man kann bei dieser unteren Grenze des psychophysischen Gesetzes an zwei Ursachen denken: entweder könnte das Netzhautbild, welches dem eben merklichen Unterschied oder dem begangenen Fehler entspricht, zu klein werden, um noch einen Grösseneindruck hervorzubringen; oder es könnten die Innervationsgefühle, die bei der Abmessung der Distanzen wirksam sind, keine Unterschiede mehr erkennen lassen, wenn die Bewegungen sehr klein werden. Wäre die erste dieser Erklärungen richtig, so müsste, sobald die Abweichung von dem Gesetze beginnt, die absolute Grösse des mittleren Fehlers oder des eben merklichen Unterschieds constant bleiben, denn sie würde eben dem kleinsten noch als Grössenelement wahrnehmbaren Netzhautbilde entsprechen. Dies ist aber nicht der Fall, vielmehr verkleinert sich der absolute Werth jener Grösse immer noch, während der relative schon zunimmt. Für die zweite Erklärung spricht die Thatsache, dass wir eine so feine Distanzunterscheidung, wie sie bei diesen Versuchen geschieht, überhaupt nur mit dem bewegten Auge ausführen können. Die vorliegende Abweichung vom psychophysischen Gesetze ordnet sich dann einfach jenen Abweichungen unter, welche allgemein im Gebiet der Intensitätsmessung der Empfindung stattfinden, wie sich überhaupt die ganze Gültigkeit des Gesetzes für das Augenmaass aus seiner Gültigkeit für das Intensitätsmaass der Empfindungen herleitet. Ausserdem lassen sich für diese Auffassung noch folgende Beobachtungen beibringen. Man blicke durch einen in einem aufrecht stehenden Brett angebrachten horizontalen Schlitz mit beiden Augen nach einer weissen Wand in der Ferne. Zwischen dieser und den Augen kann ein vertical aufgehängter und durch ein Gewicht gespannter schwarzer Faden hin- und hergeschoben werden. Derselbe befindet sich in der Medianebene, so dass sich die beiden Augen in symmetrischer Convergenz auf ihn einstellen. Man bestimmt nun in den verschiedensten Distanzen vom Auge durch kleine Verschiebungen des Fadens diejenige Convergenzänderung, bei welcher eben die Annäherung oder Entfernung bemerkt wird [1]. Die Resultate sind in der folgenden kleinen Tabellen enthalten, in welcher unter S die absolute Entfernung des Fadens vom Beobachter, unter A die eben merk-

[1] Wundt, Beiträge zur Theorie der Sinneswahrnehmung, S. 195, 415. Ich habe diese Versuche, um den Einfluss zu beseitigen, welchen die Verschiebung des Netzhautbildes ausübt, so ausgeführt, dass die Augen, nachdem sie im Moment der Bewegung des Fadens auf kurze Zeit geschlossen waren, immer zuerst auf die entfernte Wand und dann auf den näher gerückten Faden sich einstellten. Der Umstand, dass man hierbei einen gegenwärtigen Eindruck mit einem im Gedächtniss zurückgebliebenen vergleicht, begründet keinen Unterschied an den Augenmaassversuchen, da bei diesen die zwei Distanzen ebenfalls durch successive Ausmessung verglichen werden. In andern Versuchen wurde ausserdem der Faden fortwährend fixirt, während die Annäherung desselben stattfand, ohne dass dabei die Resultate merklich andere wurden.

liche Verschiebung desselben in Cm. verzeichnet ist; *s* gibt die zu *S* gehörigen Werthe des Winkels an, den jede Gesichtslinie mit der horizontalen Verbindungslinie beider Drehpunkte bildet, *a* die aus *A* berechneten kleinen Aenderungen dieses Winkels; die letzte Reihe *v* enthält das Verhältniss der eben merklichen Annäherung zur absoluten Entfernung.

S	s	A	a	v
180	89° 2,5′	3,5	68″	$\frac{1}{50}$
170	88° 59′	3	66″	$\frac{1}{55}$
160	80° 55,5″	3	73″	$\frac{1}{54}$
150	88° 51′	3	85″	$\frac{1}{48}$
130	88° 40,5′	2	74″	$\frac{1}{64}$
110	88° 26′	2	104″	$\frac{1}{54}$
80	87° 51′	2	199″	$\frac{1}{39}$
70	87° 32,5′	1,5	193″	$\frac{1}{45}$
60	86° 34′	1	252″	$\frac{1}{50}$

Hiernach nimmt mit zunehmender Convergenz die absolute Winkelverschiebung der Gesichtslinie, welche noch bemerkt werden kann, bedeutend zu, die unter *v* verzeichnete relative Aenderung zeigt dagegen sehr geringe Schwankungen, so dass man, mit Rücksicht auf die Ungenauigkeiten der Methode, die Beobachtungen wohl als hinreichend im Einklange stehend mit dem psychophysischen Grundgesetze betrachten kann. Ausserdem lassen sich aus dieser Reihe noch zwei beachtenswerthe Ergebnisse entnehmen: erstens stimmt die absolute Grösse der eben merklichen Winkelverschiebung *a* des Auges unter den günstigsten Bedingungen, bei möglichst geringer Convergenz nämlich, sehr nahe mit den kleinsten Unterschieden des Netzhautbildes überein, wie sie sich unter den gewöhnlichen Versuchsbedingungen ergeben (S. 525); zweitens fällt die Unterschiedsschwelle *v* für die Drehung des Auges nahe zusammen mit den eben merklichen Unterschieden des Augenmaasses für Distanzen (S. 555). Das erste dieser Resultate spricht dafür, dass die Augenbewegung schon bei der Auffassung der kleinsten erkennbaren Unterschiede des Netzhautbildes von bestimmendem Einflusse ist; das zweite macht es wahrscheinlich, dass unser Augenmaass für den Unterschied von Distanzen auf unserer Fähigkeit, Grade der Augenbewegung zu unterscheiden, beruht[1]. Damit ist

[1] Man könnte möglicher Weise zweifeln, ob bei diesen Versuchen die Annäherung des Fadens nicht doch an der Verschiebung des Netzhautbildes bemerkt worden sei. Dies wird aber durch die Thatsache widerlegt, dass bei fortwährender Fixation (siehe vor. Anm.) die Unterscheidungsgrenze *v* in derselben Weise zunimmt, während doch dann ihre absolute Grösse constant, nämlich ungefähr gleich dem kleinsten erkennbaren Unterschied des Netzhautbildes bleiben müsste; sie übertrifft aber dasselbe, wie die obige Tabelle lehrt, schon bei einer Entfernung des Fadens, die gar keine erhebliche Convergenzanstrengung voraussetzt (70—50 Cm.), um das 4- bis 5-fache seiner Grösse. Schon hierdurch wird die Annahme, welche HELMHOLTZ (physiol. Optik S. 651) als

die Gültigkeit des psychophysischen Gesetzes für das Augenmaass auf seine Gültigkeit für die Innervationsgefühle zurückgeführt, und demnach wird auch die oben erwähnte untere Grenze desselben aus der bei allen intensiven Empfindungen im gleichen Sinne vorkommenden Abweichung zu erklären sein. Wahrscheinlich existirt beim Augenmaass ebenfalls eine obere Grenze des Gesetzes; doch ist dieselbe, wegen der Schwierigkeit grössere Ausdehnungen mit dem Auge zu umfassen, bis jetzt nicht nachgewiesen.

Viel ungenauer als bei Abständen gleicher Richtung wird unser Augenmaass, wenn wir solche von verschiedener Richtung vergleichen. Der Fehler in der Schätzung der Raumgrössen wird hier vergrössert, indem unsere Auffassung der Distanzen verschiedener Richtung constante Unterschiede zeigt, welche bei der Vergleichung der verticalen und horizontalen Richtung am grössten sind. Verticale Abstände halten wir nämlich regelmässig für grösser, als gleich grosse horizontale. Will man daher nach dem Augenmaass eine regelmässige Figur, z. B. ein Quadrat, ein gleichschenkeliges Kreuz, zeichnen, so macht man immer die verticale Dimension zu klein, und ein wirkliches Quadrat erscheint wie ein Rechteck, dessen Höhe grösser ist als seine Basis[1]). Die Täuschung ist am grössten, wenn man Punktdistanzen vergleicht, wo ich sie bis auf $\frac{1}{5}$ sich erheben sah, indem einer verticalen Distanz von 20 eine horizontale von 25 Mm. gleich geschätzt wurde; sie ist viel kleiner bei der Vergleichung von Lineargrössen, und auch hier wechselt sie nach der Beschaffenheit der Figuren: ich finde sie z. B. an einem gleichschenkeligen Kreuz oder an einem gleichschenkeligen Dreieck von gleicher Höhe und Grundlinie grösser als an einem Quadrate; sie verschwindet völlig beim Kreis. Der Grund dieser Abweichungen liegt

möglich hinstellt, dass bei diesen Versuchen doch vielleicht das Auge ruhend geblieben sei und dagegen das Netzhautbild sich verschoben habe, unhaltbar. So bedeutende Verschiebungen der Netzhautbilder müssten dem Beobachter unmittelbar in Folge der entstehenden Doppelbilder auffallen. Auch ist man sich der angewandten Convergenzanstrengung, wie jeder Beobachter weiss, der einmal Convergenzversuche gemacht hat, sehr wohl bewusst. Nur bei passiven Bewegungen des Auges oder des ganzen Körpers kann eine Verwechslung der eigenen Bewegung mit der Bewegung der Objecte eintreten; aber auch hier geschieht sie stets nur so, dass die eigene Bewegung ignorirt wird und daher die äussern Gegenstände im entgegengesetzten Sinne bewegt scheinen. Niemals aber ist es möglich, eine active Bewegung des Auges zu verkennen oder nun gar eine Bewegung der Objecte bez. des Netzhautbildes für eine active Bewegung des Auges zu halten.

[1]) Zuerst hat, wie ich glaube, Oppel (Jahresber. des Frankfurter Vereins (1854 bis 1855. S. 37) auf diese Täuschung aufmerksam gemacht; ohne dessen Beobachtungen zu kennen, habe ich die gleiche Erscheinung bemerkt und sie alsbald auf die Asymmetrie der Muskelanordnung zurückgeführt (Beiträge zur Theorie der Sinneswahrnehmung S. 158). Mit Unrecht sind auch Versuche von Fick hierauf bezogen worden, in denen derselbe ein kleines schwarzes Quadrat auf hellem Grunde abwechselnd in Höhe- und Breitedurchmesser vergrössert sah: sie sind offenbar auf die reguläre Meridianasymmetrie des Auges zurückzuführen, wie dies auch von Fick selbst geschehen ist. (Fick, Zeitschr. f. rat. Med. 2. R. II, S. 83. Helmholtz, physiol. Optik S. 596.)

wohl darin, dass wir bei regulären geometrischen Formen, wie beim Quadrate und besonders beim Kreis, durch die häufige Betrachtung genau gezeichneter Figuren, die Unrichtigkeiten der Schätzung einigermaassen corrigiren gelernt haben. Ein derartiger Einfluss fällt am meisten hinweg bei der Schätzung von Punktdistanzen, und wir dürfen daher wohl annehmen, dass wir dabei den ursprünglichen Unterschieden des Augenmaasses am nächsten kommen. Man kann aber diese Unterschiede, wie ich glaube, auf die verschiedene Grösse der Muskelanstrengungen zurückführen, welche das Auge braucht, um sich nach den verschiedenen Richtungen im Sehfelde zu bewegen. Wir haben gesehen, dass unter den einfachsten mechanischen Bedingungen die Seitenwendung des Auges in der Primärlage geschieht, indem an derselben nur das Muskelpaar des Rectus externus und internus in merklicher Weise betheiligt ist. Dagegen wirken bei der Hebung und Senkung zwei Muskelpaare, Rectus superior und inferior und die Obliqui, zusammen, und nach der Lage dieser Muskeln muss hierbei ein Theil des Drehungsmomentes eines jeden durch dasjenige des ihm beigegebenen Muskels aufgehoben werden; denn der gerade und der mit ihm zusammenwirkende schiefe Muskel unterstützen sich nur in Bezug auf Hebung und Senkung, sie wirken sich aber entgegen in Bezug auf die Rollung des Auges um die Gesichtslinie [1]. Hebung und Senkung geschehen also nothwendig mit grösserer Muskelanstrengung als Aussen- und Innenwendung. Wenn nun das Innervationsgefühl ein Maass der Muskelanstrengung und zugleich des bei der Bewegung zurückgelegten Weges ist, so erklären sich ungezwungen jene mit der Richtung wechselnden Unterschiede der Schätzung: wir müssen die verticale Distanz für grösser als eine ihr gleiche horizontale halten, weil zu ihrer Abmessung mit der Bewegung eine stärkere Innervation des Auges erfordert wird. Damit ist übrigens durchaus nicht gesagt, dass wir, um die angegebene Täuschung hervortreten zu sehen, eine wirkliche Bewegung des Auges ausführen müssen. Vielmehr ist dieselbe bei starrer Fixation der Figuren oder bei momentaner Beleuchtung durch den elektrischen Funken ebenfalls deutlich zu sehen. Dies hängt mit der, wie wir weiter unten sehen werden, durchweg nachweisbaren Fähigkeit unseres Gesichtssinns zusammen, Raumgrössen, bei deren Abmessung ursprünglich offenbar die Bewegung des Auges wirksam gewesen ist, dann auch nach dem unbewegten Netzhautbild abzuschätzen. Dieser Umstand bildet daher auch keinen Einwand gegen unsere Ableitung, bei der es sich ja vielmehr darum handelt nachzuweisen, wie in den Abmessungen des ruhenden Sehfeldes der Einfluss der Bewegungen zum Vorschein kommt, ein Gesichtspunkt, welcher bei allen noch zu besprechenden Erscheinungen

[1] Vergl. oben S. 536.

festgehalten werden muss. Wenn ein Phänomen **nur** bei bewegtem Auge wahrgenommen wird, so ist damit allerdings der Einfluss der Bewegung auf dasselbe streng bewiesen; man kann aber nicht, wie es bisweilen geschehen ist, umgekehrt schliessen, auf ein Phänomen, das in der Ruhe bestehen bleibt, sei die Bewegung ohne Einfluss.

Aehnlichen, doch viel geringeren Täuschungen sind wir bei der Vergleichung solcher Entfernungen unterworfen, von denen die eine im obern, die andere im untern Theile des Sehfelds gelegen ist: wir sind dann immer geneigt, die obere Distanz zu überschätzen. Sucht man eine verticale gerade Linie nach dem Augenmaass zu halbiren, so macht man die obere Hälfte in der Regel zu klein; in Versuchen von Delboeuf belief sich die durchschnittliche Differenz auf $\frac{1}{16}$ [1]. Noch kleinere Unterschiede werden in der Ausmessung der äussern und innern Hälfte des Sehfelds wahrgenommen; sie sind überdies nur bei einäugigem Sehen nachweisbar. Bei binocularer Betrachtung halbirt man nach dem Augenmaass eine horizontale Linie ziemlich genau in der Mitte; die kleinen Fehler, die begangen werden, weichen durchschnittlich ebenso oft nach der einen wie nach der andern Richtung ab. Sobald man dagegen das eine Auge schliesst, so ist man geneigt, die äussere Hälfte, also für das rechte Auge die rechte, für das linke Auge die linke, zu klein zu machen. Doch scheint sich dieser Fehler nach Versuchen von Kundt höchstens auf $\frac{1}{40}$ zu belaufen [2]. Auch diese Erscheinungen erklären sich aus der Vertheilung der Muskelkräfte am Augapfel. Der untere übertrifft nämlich den oberen geraden Augenmuskel bei gleicher Länge ziemlich bedeutend an Querschnitt, ebenso der innere den äusseren [3]. Demgemäss darf man wohl annehmen, dass, um eine gleich grosse Excursion des Augapfels zu Stande zu bringen, der obere Muskel einer etwas grösseren Energie der Innervation bedarf als der untere, der äussere einer grösseren als der innere. Im letzteren Fall müssen die hierdurch verursachten Verschiedenheiten der Ausmessung des Sehfelds bei binocularer Betrachtung sich aufheben. Die erwähnten Erscheinungen haben demnach ihren eigentlichen Grund in der früher schon hervorgehobenen Bevorzugung der geneigten Blickrichtung und der Convergenzbewegungen [4]. Die Ueberschätzung der oberen Theile des Sehfeldes in Bezug auf ihre verticalen Dimensionen macht sich auch bei folgenden Beobachtungen geltend. Ein S oder eine 8 in gewöhnlicher Druckschrift scheinen aus einer oberen und unteren Hälfte von beinahe gleicher Grösse

---

1) Delboeuf, note sur certaines illusions d'optique (bulletins de l'acad. roy. de Belgique. 2me sér. XIX. 2) p. 9.

2) Kundt, Poggendorff's Annalen, Bd. 120, S. 118.

3) Siehe oben S. 538 Anm.

4) Seite 544.

zu bestehen; stellt man beide Zeichen auf den Kopf: S, 8, so bemerkt man auf den ersten Blick die Verschiedenheit[1]).

Endlich dürfen wir hierher wohl auch eine eigenthümliche Täuschung rechnen, die bei der monocularen Schätzung der **Richtung** einer verticalen Distanz vorkommt. Errichtet man nämlich auf einer Horizontallinie eine genau senkrechte Gerade, so scheint dieselbe in einäugigem Sehen nicht vollkommen vertical zu liegen, sondern etwas nach oben und innen, also für das rechte Auge mit dem oberen Ende nach links, für das linke nach rechts geneigt zu sein. Der äussere Winkel, welchen die Verticale mit der Horizontalen macht, erscheint daher etwas grösser, der innere etwas kleiner als 90°. In Versuchen VOLKMANN's betrug die Differenz durchschnittlich 1,307° für das linke, 0,82° für das rechte Auge[2]). Eine unmittelbare Folge dieser Täuschung ist es, dass, wenn man zu einer gegebenen Horizontalen eine Senkrechte nach dem Augenmaass zieht, man derselben eine mit ihrem obern Ende nach aussen geneigte Lage gibt. So ist in Fig. 110 *a b* die scheinbare Verticale für mein rechtes, *c d* für mein

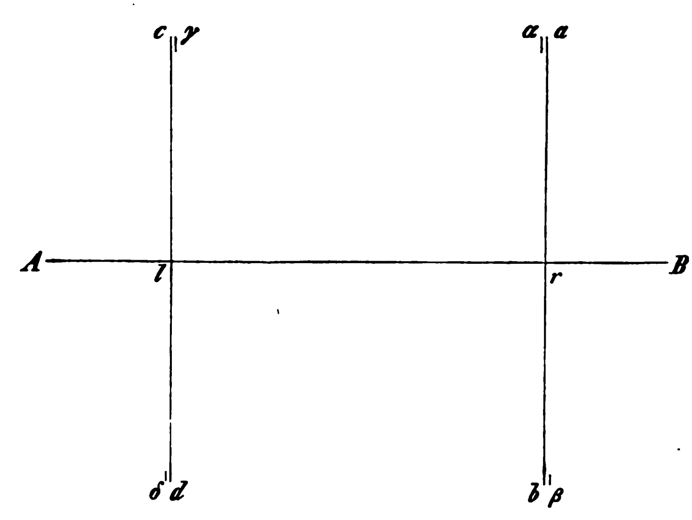


Fig. 110.

linkes Auge; die Richtungen der wirklichen zur Horizontallinie *A B* in *r* und *l* senkrecht stehenden Geraden ist durch die kurzen Striche *αβ* und *γδ* angedeutet. Bei binocularer Betrachtung verschwindet die Täuschung, ähn-

---

1) DELBOEUF, a. a. O. p. 6.

2) VOLKMANN, physiol. Untersuchungen im Gebiete der Optik II. S. 224. Bei binocularer Betrachtung betrug die Abweichung 0,11° nach links, was mit der stärkeren Neigung der linken Verticalen übereinstimmt.

lich derjenigen über die Halbirung einer horizontalen Entfernung, oder es bleiben höchstens sehr kleine Abweichungen. Auch diese Erscheinung findet in den Gesetzen der Augenbewegung ihre Erklärung. Wir sahen, dass sich in Folge der vorzugsweise für das Sehen in geneigter und convergirender Stellung der Gesichtslinien angeordneten Vertheilung der Muskelkräfte die Senkung des Blicks unwillkürlich mit Einwärtswendung, die Hebung mit Auswärtswendung verbindet. Wollen wir daher den Blick in verticaler Richtung von oben nach unten bewegen, so wird er dabei unwillkürlich etwas nach innen abgelenkt. Demgemäss wird denn auch diese Bewegung als eine solche aufgefasst, welche der verticalen Richtung im Sehfeld entspricht, und eine wirkliche Verticallinie muss nun nach der entgegengesetzten Seite geneigt erscheinen. Es gibt einen bestimmten Fall, wo das Auge, wenn es eine im Blickfeld verticale Gerade fixirend verfolgen will, in der That jene schwache Einwärtsdrehung ausführen muss, dann nämlich, wenn das ebene Blickfeld auf einer abwärts geneigten Richtung der Gesichtslinie senkrecht steht, d. h. wenn die Gerade mit ihrem oberen Ende vom Beobachter weggeneigt ist. So steht auch diese Erscheinung wieder in Beziehung zu der Lage der Primärstellung und der bevorzugten Bedeutung derselben für das Sehen [1]).

Eine zweite Classe von Täuschungen des Augenmaasses beruht, wie oben (S. 553) bemerkt wurde, auf der allgemeinen Thatsache, dass uns solche Abstände, welche das Auge bei seiner Bewegung fortwährend fixirend durchmessen kann, in welchen also demselben eine Reihe von Fixationspunkten gegeben ist, grösser erscheinen als leere Entfernungen. Zeichnet man eine Linie und daneben als unmittelbare Verlängerung derselben eine Punktdistanz von gleicher Grösse, wie in Fig. 111,



Fig. 111. Fig. 112.

so erscheint die letztere kleiner. Zeichnet man ferner, wie in Fig. 112, eine Linie, deren eine Hälfte getheilt, die andere ungetheilt ist, so erscheint hinwiederum die letztere Hälfte kleiner als die erstere. Dieser Versuch zeigt, dass es bei der Abmessung der Distanzen nicht bloss darauf ankommt, ob dem Blick überhaupt Fixationspunkte geboten sind, an denen er entlang geht, sondern dass ausserdem die Anordnung derselben von wesentlichem Einflusse ist. Eine Reihe distincter Punkte, durch Abstände getrennt, mögen diese nun wieder durch eine Gerade verbunden sein oder

---

1) Vergl. S. 539, 549.

nicht, erweckt die Vorstellung einer grösseren Entfernung als eine einfache gerade Fixationslinie. Füllt man daher den Flächenraum eines Quadrats im einen Fall mit parallelen Horizontallinien, im andern mit Verticallinien aus, so erscheint dort die verticale, hier die horizontale Dimension grösser

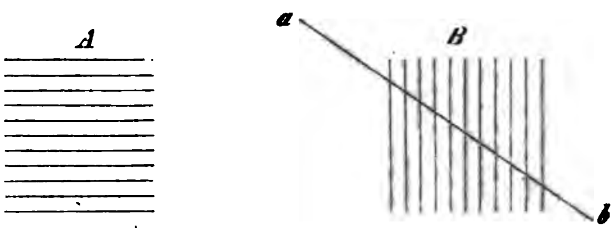


Fig. 113.

(*A* und *B* Fig. 113); im letzteren Fall wird also die gewöhnliche Begünstigung der Höhendimension im Augenmaass überwunden. Eine schräge Linie, die man durch eine solche Figur zieht, z. B. *a b*, erscheint in Folge dessen an der Ein- und Austrittsstelle etwas geknickt. Wenn ferner von zwei gleich grossen Winkeln der eine ungetheilt, der andere durch Linien in viele kleinere Winkel eingetheilt ist, so erscheint dieser grösser als jener. So hält man von den zwei rechten Winkeln in Fig 114 den eingetheilten für grösser als den nicht eingetheilten; auch erscheint die Horizontallinie in ihrer Mitte etwas geknickt, als wenn beide Winkel zusammen grösser als 180° wären. Aus demselben Grunde erscheint von zwei ungleichen Winkeln, die zusammen 180° ausmachen (Fig. 115), der stumpfe verhältnissmässig zu klein und der spitze zu gross. Der Grund liegt darin, dass

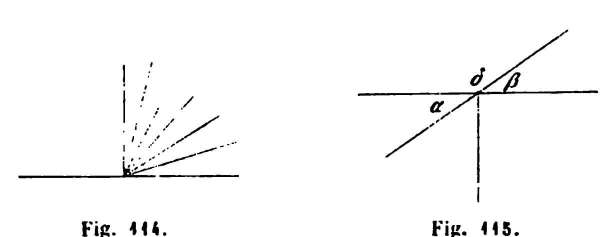


Fig. 114. Fig. 115.

wir den Winkel, welcher β zu einem rechten ergänzt und so den Unterschied von dem stumpfen Winkel δ bestimmt, durch ein bloss gedachtes Perpendikel abmessen: wir schätzen daher diesen Ergänzungswinkel zu klein. Man kann sich hiervon überzeugen, wenn man auf der entgegengesetzten Seite das Loth wirklich zieht: es erscheint dann der Winkel β grösser als der ihm gleiche Scheitelwinkel α. Aus dem gleichen Princip erklärt sich auch die auffallende Täuschung bei dem von Zoellner be-

schriebenen Muster in Fig. 116 [1]). Die in Wirklichkeit parallelen Verticalstreifen desselben erscheinen nicht parallel, sondern immer nach derjenigen Richtung divergirend, nach welcher die Querstreifen geneigt sind. Die Täuschung ist am geringsten, wenn die Längsstreifen vertical oder horizontal gestellt sind, sie wird am grössten, wenn man denselben eine Neigung von 45° zum Horizont gibt, eine horizontale Richtung des Blicks vorausgesetzt. Sie vermindert sich und verschwindet zuweilen ganz, wenn man einen Punkt der Zeichnung starr fixirt. Doch ist zu ihrer Entstehung nicht unbedingt nothwendig, dass der Blick continuirlich über die Zeichnung wandert, sondern es genügt, dass sich derselbe successiv auf verschiedene Punkte derselben einstellt.

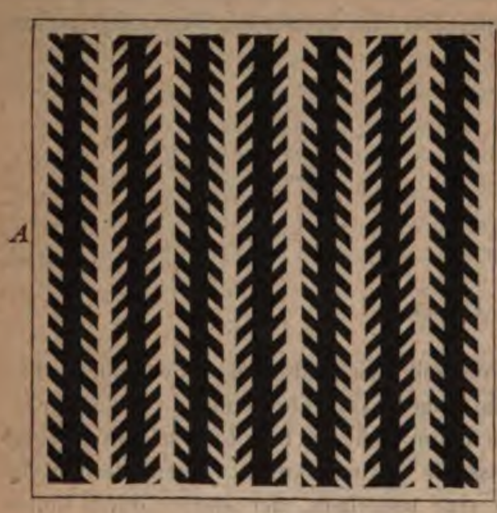


Fig. 116.

Die Täuschung bleibt nämlich annähernd ebenso lebhaft, wenn man durch eine Reihe elektrischer Funken in schnell auf einander folgenden Momenten das Object erleuchtet [2]). Bei der Erklärung dieser Erscheinung müssen wir erwägen, dass, wie ZOELLNER mit Recht hervorgehoben hat, unsere Auffassung des Parallelismus zweier Linien eine viel verwickeltere Sache ist als die Schätzung der Neigung zweier Linien zu einander. Um zu erkennen, dass Linien parallel sind, d. h. dass ihre kürzeste Entfernung überall gleich gross ist, müssen wir diese Entfernung successiv an verschiedenen Stellen abmessen; die Neigung zweier Linien schätzen wir dagegen mit einem einzigen Blick ab. Nun setzt sich das ZOELLNER'sche Muster aus zwei Bestandtheilen zusammen, aus den parallelen Längsstreifen und aus den schrägen Querstreifen. Für die Bestimmung der Form ist aber zunächst die Neigung der letzteren bestimmend, da die Auffassung des Parallelismus eine complicirtere Ausmessung voraussetzt. Wenn wir nun die spitzen Winkel der schrägen Streifen für grösser halten, als sie wirklich sind, so müssen die Längsstreifen nach der Seite, auf welcher die spitzen Winkel liegen, zu divergiren scheinen. Die Grösse dieser Täuschung wird dann noch da-

[1]) ZOELLNER, POGGENDORFF's Annalen Bd. 109. S. 500. Wieder abgedruckt in dessen Werk über die Natur der Kometen. Leipzig 1872. S. 380.

[2]) ZOELLNER, über die Natur der Kometen, S. 407.

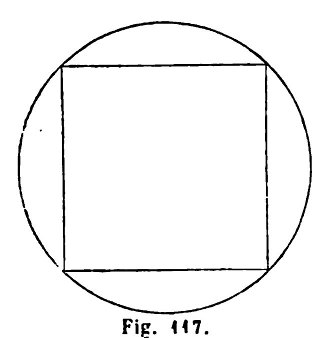
durch mitbeeinflusst, ob in unserer Anschauung mehr oder weniger Anhaltspunkte sind, den Parallelismus der Längsstreifen zu erkennen. Desshalb ist offenbar bei verticaler und horizontaler Richtung der letzteren die Täuschung ein Minimum, denn in diesen Richtungen sind wir hauptsächlich gewohnt, das Richtungsverhältniss von Linien auszumessen. Aus demselben Grunde kann ferner die Täuschung bei starrer Fixation oder, was auf dasselbe hinauskommt, im Nachbilde verschwinden. Hierbei fällt nämlich das Bild unverändert auf dieselben Netzhautstellen, die in früheren Wahrnehmungen stets auf parallel gelegene Objecte bezogen wurden. Wir haben also hier einen Fall vor uns, wo die Bewegung des Auges, statt, wie es gewöhnlich der Fall ist, die grössere Genauigkeit der Vorstellung zu vermitteln, vielmehr die Entstehung der Täuschung begünstigt.

Auch die Abhängigkeit des Augenmaasses von der Ausfüllung der Abstände mit Fixationspunkten und Linien lässt sich am einfachsten auf die Innervationsgefühle bei der Bewegung des Auges zurückführen. Man könnte zwar denken, es sei im Grunde gleichgültig, ob der Blick eine Linie oder eine Reihe von Merkpunkten fixirend verfolgt, oder ob er eine leere Distanz durchwandert, denn für eine gegebene Entfernung sei immer dieselbe Muskelanstrengung erforderlich. Dagegen ist zu bemerken, dass man, namentlich wenn die Abstände grösser sind, sehr wohl bei der Vergleichung dieser verschiedenen Fälle einen Unterschied empfindet. Es scheint mir anstrengender, eine gerade Linie fixirend zu verfolgen, als dieselbe Distanz mit freiem Blick zu durcheilen. Der Grund liegt wohl darin, dass bei der freien Bewegung das Auge immer diejenigen Bahnen einschlägt, die ihm aus mechanischen Gründen die bequemsten sind, während die Verfolgung bestimmter Fixationslinien stets einen gewissen Zwang voraussetzt[1]. Ist ferner statt der Fixationslinie eine Reihe discreter Fixationspunkte gegeben, so wird die ganze Bewegung gleichsam in eine Anzahl kleiner Bewegungsanstösse getrennt. Eine solche stossweise Bewegung ist aber offenbar wieder anstrengender als die continuirlich fixirende Bewegung des Blicks. Auch für diese Täuschungen muss übrigens festgehalten werden, dass sie, wenn auch die Bewegung ihre Quelle ist, doch bei ruhendem Auge nicht nothwendig verschwinden, obgleich manche derselben allerdings bei starrer Fixation geringer werden. Dies hat keine Schwierigkeit, sobald man annimmt, dass die Bewegung überhaupt ein wesentlicher Factor bei der Bildung der Gesichtsvorstellungen ist; es erscheint im Gegentheil dann als eine nothwendige Consequenz des Satzes, dass für das Sehfeld

[1] Dies gilt wohl sogar für den Fall, wo das Auge von der Primärstellung aus im ebenen Blickfeld gerade Linien zu verfolgen hat, da auch hier, wie die oben S. 541 fm. angeführten Nachbildversuche lehren, das frei bewegte Auge nicht vollkommen dem Listing'schen Gesetze folgt.

des ruhenden Auges diejenigen Abmessungen gültig sind, welche sich mit Hülfe der Bewegung gebildet haben [1]. Wohl aber bedarf die Frage, wie es möglich sei, dass sich die bei der Bewegung entstandene Lagebestimmung der Punkte fixirt, einer besonderen Untersuchung, auf die wir am Schlusse dieses Capitels zurückkommen werden, wo die Bildung der räumlichen Gesichtsanschauung auf Grundlage der im Vorangegangenen dargelegten physiologischen Hülfsmittel im Zusammenhang erörtert werden soll.

Die im obigen beschriebenen pseudoskopischen Erscheinungen lassen sich natürlich in der mannigfaltigsten Weise variiren; hier mögen nur noch einige Beispiele angeführt werden. Einen weiteren Beleg zu dem Satze, dass wir stumpfe Winkel zu klein, spitze zu gross schätzen, gibt die Fig. 117. Da man in derselben die Winkel, welche die Seiten des eingeschriebenen Quadrats mit den Kreisbogen bilden, zu gross sieht, so erscheint jeder der vier Kreisbogen stärker gekrümmt, als ob er einem Kreis von kleinerem Halbmesser angehörte, und die Seiten des Quadrats scheinen ein wenig nach einwärts gebogen zu sein. In Fig. 118 erscheint in Folge des vergrösserten Aussehens der beiden spitzen Winkel *ace* und *bcf* die Grade *ab* bei *c* geknickt, so dass *ac* und *bc* nach unten einen sehr stumpfen Winkel von nicht ganz 180° mit einander zu bilden scheinen. Die umgekehrte Täuschung bemerkt man wegen der scheinbaren Vergrösserung


Fig. 117.

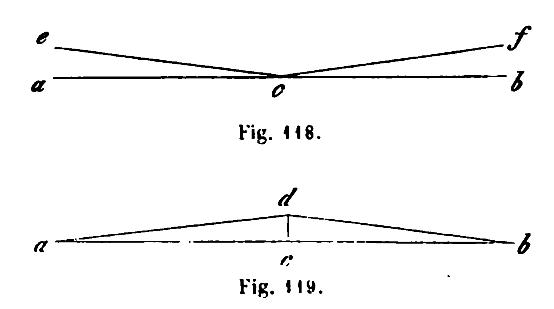


Fig. 118.

Fig. 119.

der Winkel *a* und *b* an Fig. 119, wo die Stücke *ac* und *cb* der Geraden bei *c* etwas nach oben geknickt scheinen. Verstärkt wird die Täuschung, wenn man auf der gleichen Grundlinie zu *ce*, *cf* (Fig. 118) oder *ad*, *bd* (Fig. 119) links und rechts Parallellinien zieht, wie in den Hering'schen Mustern Fig. 120, wo ausserdem durch die symmetrisch angebrachten untern Theile der Figur die parallelen Linien *ab* und *cd*, ähnlich wie in dem Zoellner'schen Muster, nicht parallel erscheinen, sondern in der obern Figur von beiden Seiten her nach der Mitte divergirend, in der untern nach der Mitte convergirend. Die

[1] Vergl. oben S. 559.

Täuschung wird hier um so grösser, je spitzer man die Winkel macht; sie verschwindet, ähnlich wie beim ZOELLNER'schen Muster und noch leichter als

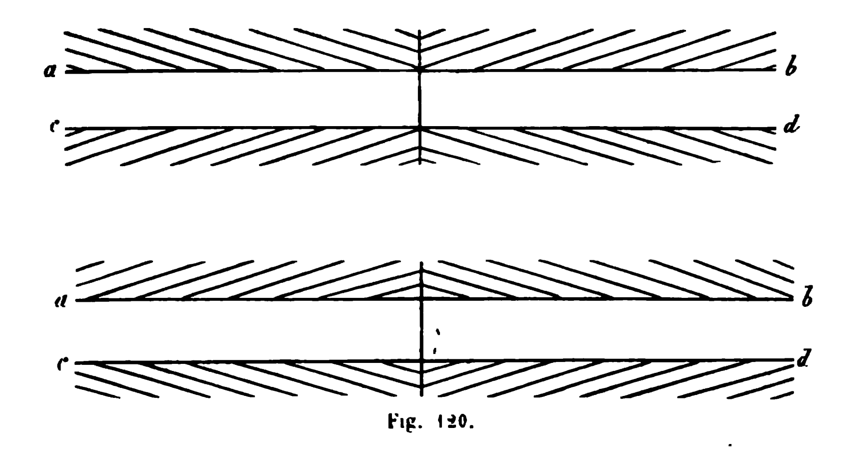


Fig. 120.

bei diesem, bei starrer Fixation oder im Nachbilde. Das nämliche ist bei der ebenfalls von HERING construirten Fig. 121 der Fall. Auch hier scheinen die Linien *ab* und *cd*, die in Wirklichkeit parallel sind, gegen ihre beiden Enden zu convergiren. Die Täuschung, die in diesem Fall noch augenfälliger ist, beruht grossentheils ebenfalls auf der Ueberschätzung der spitzen Winkel, welche die vom Mittelpunkt aus gezogenen Strahlen mit den Parallellinien bilden.

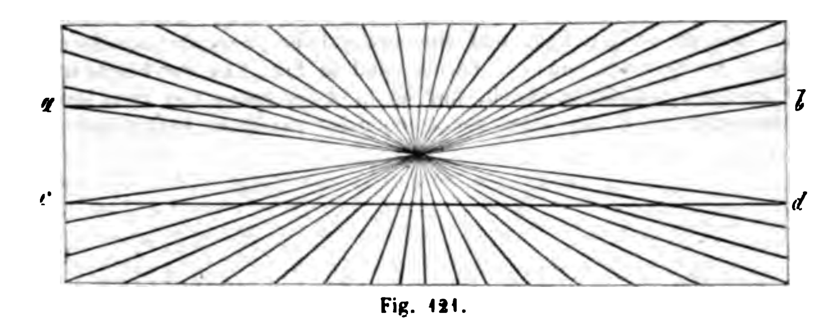


Fig. 121.

Ausserdem wirkt aber auch der Umstand, dass die leeren Winkel bei *ac* und *ba* relativ zu klein geschätzt werden, bei der Täuschung mit: diese wird daher vermindert, wenn man durch Ausfüllung derselben den Stern vollständig macht. In anderer Weise fordern die Täuschungen in Fig. 122 *A* und *B* eine gemischte Erklärung. In *A* erscheint nicht *b*, sondern *c* als Fortsetzung von *a*, obgleich *b* die wirkliche Fortsetzung und *c* parallel nach oben verschoben ist. In ähnlicher Weise scheinen in *B* die drei Stücke der Geraden *a b* Bruchstücke verschiedener, einander paralleler Linien zu sein. Zum Theil erklärt sich auch diese Erscheinung aus dem Princip der Ausfüllung des Sehfeldes. Da uns in verticaler Richtung Fixationslinien geboten sind, während in horizontaler solche

fehlen, so schätzen wir die verticale Dimension zu gross, was eine Verschiebung der Geraden in der angegebenen Richtung zu Stande bringen muss. Die Täuschung vermindert sich daher bedeutend, wenn man die Figur um 90° dreht. Sie verschwindet aber auch dann nicht ganz. Der jetzt übrig bleibende Theil

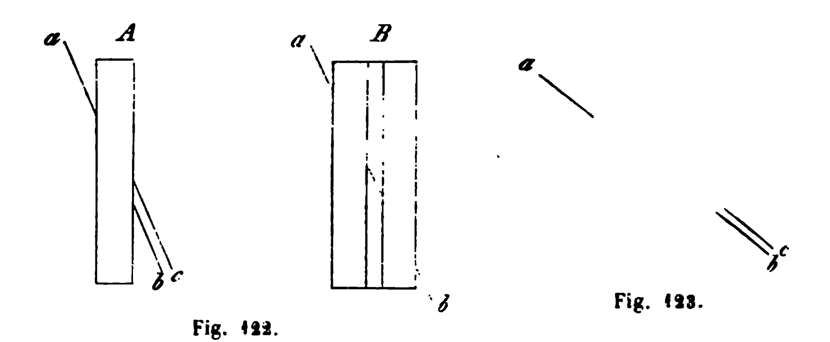


Fig. 122. Fig. 123.

derselben erklärt sich theils aus der überhaupt bestehenden Begünstigung der verticalen Dimension im Augenmaass theils aus der oben nachgewiesenen Neigung spitze Winkel zu gross zu schätzen. Wenn nämlich der Winkel, welchen die Linie *a* mit der verticalen Seite des Vierecks *A* einschliesst, zu gross erscheint, so muss ihre Fortsetzung auf der andern Seite des Vierecks zu hoch verlegt werden. Dass ausserdem auch die gewöhnliche Ueberschätzung der verticalen Dimension mitwirkt, lehren folgende Versuche. Zeichnet man, wie in Fig. 123, einfach zwei Bruchstücke einer geraden Linie, *a* und *b*, so erscheinen dieselben im nämlichen Sinne, nur unbedeutender, gegen einander verschoben wie im vorigen Fall, und eine etwas höher liegende Gerade *c* ist die scheinbare Fortsetzung von *a*. Ferner sind in Fig. 124 die Flächenräume *A* und *B* einander vollständig gleich, nur ist in *A* der Raum von zwei Horizontallinien begrenzt, in *B* von einer Menge einander paralleler Verticallinien ausge-

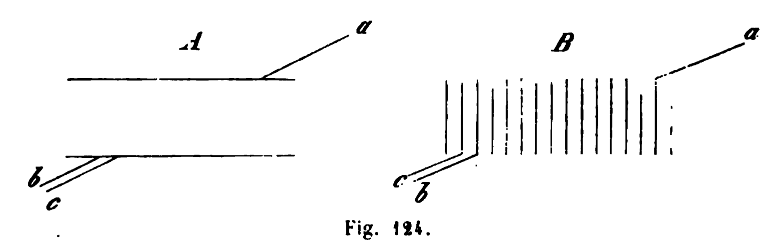


Fig. 124.

füllt. In *A* sieht man die gewöhnliche Form der Täuschung, indem die Fortsetzung *b* der Linie *a* nach *c* verschoben erscheint: in *B* aber liegt die scheinbare Fortsetzung *c* auf der entgegengesetzten Seite von *b*: hier ist also durch die Verbreiterung der Figur, welche gemäss dem in Fig. 113 S. 563 gezeichneten Beispiel durch die parallelen Verticallinien eintritt, die scheinbare Fortsetzung von der wirklichen entfernt worden, statt ihr genähert zu werden.

Die verschiedenen oben beschriebenen Täuschungen des Augenmaasses haben zu sehr abweichenden Theorieen Anlass gegeben. Um diejenigen Erschei-

nungen zu erklären, welche von der grösseren oder geringeren Ausfüllung mit Fixationspunkten herrühren, haben HERING[1]) und KUNDT[2]) angenommen, das Auge messe die Entfernung je zweier Punkte nach der geradlinigen Distanz ihrer Netzhautbilder, also nach der Sehne, welche auf der annähernd eine Hohlkugelfläche bildenden Netzhaut zwischen denselben gezogen werden kann. Diese Sehne ist im Vergleich mit dem Bogen, den das wirkliche Netzhautbild ausfüllt, um so kleiner, je grösser die Distanz der zwei Punkte wird. Hiervon soll es also herrühren, dass wir die getheilte Hälfte einer Linie grösser sehen als die ungetheilte, da die Summe der kleinen Sehnen, die der getheilten Hälfte in Fig. 112 (S. 562) entsprechen, grösser ist als die eine grosse Sehne, welche das Netzhautbild der ungetheilten Hälfte überbrückt, und dass wir einen spitzen Winkel relativ zu gross, einen stumpfen zu klein sehen, da mit der Grösse des Winkels die seinem Netzhautbild entsprechende Sehne verhältnissmässig immer kleiner wird. KUNDT hat zur Prüfung dieser Hypothese Messungen ausgeführt, die sich aber derselben nur bei grösseren Abständen annähernd fügen. Dagegen sind bei kleinern Distanzen die Abweichungen der beobachteten von den berechneten Werthen so bedeutend, dass schon hierdurch die Hypothese zweifelhaft wird. Ausserdem lässt aber dieselbe vollkommen dunkel, wie wir dazu kommen sollen, die Entfernungen im Sehfelde gerade nach der Sehne ihres Netzhautbildes abzuschätzen. Wenn man eine angeborene Kenntniss der Abmessungen des Netzhautbildes voraussetzt, so liegt es offenbar am nächsten anzunehmen, der Abstand zweier Punkte werde nach der Zahl der zwischenliegenden Netzhautpunkte abgeschätzt; ihr ist aber die Grösse des Bogens, nicht der Sehne proportional. Zur Kenntniss der letzteren könnten wir nur gelangen, wenn uns nicht nur im allgemeinen das Nebeneinander der Netzhautpunkte, sondern auch speciell die Gestalt der Netzhaut, namentlich die Grösse ihres Krümmungshalbmessers gegeben wäre. Eine andere Hypothese hat HELMHOLTZ für die gleichen Erscheinungen aufgestellt. Derselbe hat zwar den Einfluss der Augenbewegungen bei gewissen Gesichtstäuschungen hervorgehoben, er gibt denselben aber nur für solche Fälle zu, wo die Täuschung bei starrer Fixation verschwindet oder geringer wird. Die Fehler in der Beurtheilung der Grösse von Winkeln u. dergl. führt er auf eine Art Contrast für die Richtung von Linien und für Entfernungen zurück, die derjenigen für Lichtstärken und Farben analog sei, und durch die uns geringe Richtungsunterschiede vergrössert erscheinen sollen[3]). Fände aber wirklich ein derartiges Contrastgefühl in Bezug auf die Ausmessung räumlicher Entfernungen statt, so wäre zu erwarten, dass sich ein solches auch in Bezug auf den Grössenunterschied von Linien und andern Raumgebilden herausstellte; die klei-

---

[1]) Beiträge S. 66 f.

[2]) POGGENDORFF's Annalen Bd. 120 S. 125.

[3]) HELMHOLTZ, physiol. Optik S. 571. An einer andern Stelle (ebend. S. 562) gibt HELMHOLTZ der Regel eine andere Form. Deutliche Unterschiede, sagt er hier, erscheinen uns grösser als undeutliche. Aber dass wir eine getheilte Linie deutlicher als eine ungetheilte sehen, scheint mir ein nicht zutreffender Ausdruck. Will man damit sagen, dass uns die Raumerstreckung von einem Punkte der Theilung zum andern eine grössere extensive Vorstellung erweckt als die ungetheilte Distanz, so ist damit eben nicht mehr als die Thatsache ausgedrückt, nach deren Erklärung gesucht wird. Uebrigens zeigt schon das Schwankende dieser Definitionen, wie unsicher die Uebertragung des Contrastbegriffs auf die räumliche Vorstellung ist.

nere von zwei Distanzen sollte also z. B. immer verhältnissmässig zu klein erscheinen. Ein solcher Einfluss lässt sich nun in den oben (S. 555) erwähnten Versuchen von VOLKMANN über die Schätzung von Bruchtheilen einer gegebenen Distanz nicht nachweisen. Erstreckt sich die grössere der verglichenen Linien über einen ansehnlicheren Theil des ganzen Sehfeldes, so finde ich im Gegentheil, dass wir geneigt sind die kleinere Linie zu überschätzen. Wenn man z. B. zu einer gegebenen Geraden eine andere in gleicher Richtung zieht, der man nach dem Augenmaass dieselbe Grösse geben will, so macht man dieselbe häufiger zu klein als zu gross. Sucht man ferner zu einem gegebenen Kreis oder Quadrat eine andere ähnliche Figur vom halben Flächeninhalt zu construiren, so macht man dieselbe regelmässig zu klein [1]). Wir sind also offenbar geneigt kleine Raumgebilde im Vergleich mit grösseren zu überschätzen, was der Annahme eines Contrastes geradezu widerspricht, während sich die scheinbare Vergrösserung spitzer Winkel unmittelbar derselben Regel subsumiren lässt. Auch haben wir in diesem Beispiel nur den einfachsten Fall der durch Fig. 114 (S. 563) erläuterten Ueberschätzung eines Winkels in Folge der Ausfüllung mit Fixationspunkten vor uns. Ein spitzer Winkel ist ein ausgefüllteres Gesichtsobject als ein stumpfer, weil in diesem der Blick eine grössere Raumstrecke leer zu durchstreifen hat. Die Ueberschätzung kleiner geradliniger Distanzen im Vergleich mit grossen wird darum auch deutlicher, wenn man statt der Linien Punktdistanzen wählt, und aus demselben Grunde ist sie bei Flächenräumen bedeutender als bei geraden Linien. Ein ganz anderes Erklärungsprincip hat HELMHOLTZ für die Täuschungen in der Vergleichung verticaler und horizontaler Distanzen sowie in der Halbirung horizontaler Linien und über die Richtung der Lothrechten bei monocularem Sehen angewandt. Er leitet nämlich diese Täuschungen sämmtlich aus Gewohnheiten des Sehens ab. Die verticale Dimension sehen wir nach seiner Vermuthung zu gross, weil wir die meisten Objecte bei geneigter Lage der Blicklinien betrachten: dabei erscheinen aber verticale Linien in perspektivischer Verkürzung [2]). Wenn man sich aus den auf S. 542 u. f. beschriebenen Versuchen erinnert, wie genau wir die Lage und Form des Blickfeldes bei der Lagebestimmung der Objecte in Rücksicht ziehen, so kann man unmöglich diese Erklärung für eine zutreffende halten. Zeichnet man nach dem Augenmaasse ein Quadrat, so erscheint dasselbe immer als Quadrat, wenn man auch die Lage des ebenen Blickfeldes etwas verändert. Da nun hierbei je nach der Neigung des letzteren die perspektivische Verkürzung des Netzhautbildes sehr verschiedene Grade hat, so müsste, wenn diese auf die Erscheinung von Einfluss wäre, doch irgend eine Veränderung wahrnehmbar sein. Die ungleiche Halbirung einer horizontalen Distanz bei monocularer Betrachtung leitet HELMHOLTZ davon ab, dass wir bei binocularer Betrachtung gewohnt sind eine Linie so vor die Mitte des Gesichts zu halten, dass wir die rechte Hälfte mit dem rechten Auge, die linke mit dem linken grösser sehen [3]), eine Hypothese, gegen welche dieselben Einwände geltend zu machen sind. Grössere Wahrscheinlichkeit hat ohne Zweifel der von HELMHOLTZ vermuthete Zusammenhang der Neigung der scheinbar verticalen Linien

---

1) Vergl. ähnliche Beobachtungen bei OPPEL, Jahresber. des Frankfurter physikal. Vereins. 1856—57 S. 49.

2) HELMHOLTZ, physiol. Optik, S. 559.

3) Ebend. S. 573.

mit den Bedürfnissen des binocularen Sehens. Die scheinbar verticale Linie entspricht nämlich häufig dem Netzhautbild derjenigen Geraden, welche in der Fussbodenebene senkrecht gegen den Beobachter hin gezogen wird[1]. Wir werden unten sehen, dass dies mit der deutlichen Wahrnehmung der Fussbodenebene bei aufrechter Haltung des Kopfes möglicher Weise in Zusammenhang steht. Aber auch hier ist es wahrscheinlich, dass die Bedürfnisse des Sehens in dem Mechanismus der Augenbewegungen ihren Ausdruck gefunden haben, welcher, bei der individuellen Ausbildung wenigstens, als die nähere Ursache der Ausmessungen des Sehens gelten muss. Bei den Täuschungen in Fig. 122 vermuthet Helmholtz, der den von der schrägen Linie durchsetzten Streifen schwarz abbildet, eine Mitwirkung der Irradiation[2]. Da aber die Täuschung ungefähr eben so gross bleibt, wenn man die Zeichnung, wie es oben geschehen ist, bloss in Linien ausführt, so kann die Irradiation kaum in nennenswerther Weise an derselben betheiligt sein. Wir haben vorhin durch directe Versuche erwiesen, dass hier ausser der Grössenschätzung der spitzen Winkel die Ausfüllung durch Fixationslinien und die allgemeine Vergrösserung der verticalen Dimension zusammenwirken, Momente, welche übrigens sämmtlich auf einen und denselben ursprünglichen Grund, nämlich die Ausmessung nach den Innervationsgefühlen, zurückführen. So glaube ich es denn überhaupt als einen Vorzug der oben aufgestellten Theorie ansehen zu müssen, dass sie alle Erscheinungen von einem und demselben Princip aus erklärt. Es scheint mir aber an und für sich unwahrscheinlich, dass die Ausmessung des Sehfeldes von so ausserordentlich verschiedenartigen, in gar keinem Zusammenhang stehenden Einflüssen abhängen soll, wie sie von verschiedenen Forschern angenommen worden sind.

Bis hierhin haben wir die Einflüsse kennen gelernt, welche die Bewegung des Auges auf die Lagebestimmung und Ausmessung der Gegenstände ausübt, wenn die letzteren unbewegt sind. Weitere Verwickelungen treten für die Bildung der Vorstellungen ein, wenn die Gegenstände selbst sich bewegen. Hierbei kann entweder das Auge in Ruhe bleiben, oder es kann gleichzeitig mit dem Gegenstande bewegt werden. Im ersteren Falle bemessen wir die Geschwindigkeit der Objecte nach der Verschiebung des Netzhautbildes. Da wir von der Ruhe unseres Auges ein deutliches Bewusstsein besitzen, so beziehen wir den continuirlichen Wechsel des Netzhautbildes auf die wirkliche Bewegung der äusseren Gegenstände, von deren Geschwindigkeit wir demnach eine ziemlich genaue Vorstellung haben. Diese wird bei rascher Bewegung nur durch die Nachdauer der Empfindung beeinträchtigt, in Folge deren die nach einander kommenden Eindrücke theilweise mit einander verschmelzen. In der Regel aber bleibt das Auge beim Wechsel seiner Gesichtsobjecte nicht ruhend, sondern bewegt sich in gleichem Sinne, indem es unwillkürlich die Gegenstände fixirend verfolgt. Wenn nun Auge und gesehenes Object gleich-

[1] Helmholtz, phys. Optik S. 715.
[2] Ebend. S. 564.

zeitig wandern, so ist eine richtige Auffassung der äussern Bewegung nur möglich, falls wir uns der Geschwindigkeit unserer Augenbewegung fortdauernd genau bewusst bleiben. Dagegen müssen unfehlbar Täuschungen eintreten, sobald wir der Bewegung des Auges in Bezug auf ihre Richtung und Geschwindigkeit nicht vollkommen gewiss sind. In der That können nun solche Täuschungen in allen möglichen Graden vorkommen. Am häufigsten und begreiflichsten sind dieselben bei passiven Bewegungen des Körpers. Hier wird mit dem ganzen Körper auch das Auge bewegt; aber da uns keine Muskelanstrengung von dieser Bewegung Kunde gibt, so können wir leicht die Verschiebung der Netzhautbilder auf eine Bewegung der äussern Gegenstände beziehen, gleich als wenn unser Auge ruhend wäre. Uebrigens tritt auch hier die Täuschung im allgemeinen nur dann ein, wenn die Geschwindigkeit der passiven Bewegung diejenige unserer eigenen Ortsbewegung erheblich übertrifft. Jene Verschiebungen der Netzhautbilder, welche beim gewöhnlichen Gehen und Laufen entstehen, sind wir offenbar so sehr gewohnt richtig auszulegen, dass uns hier die Täuschung nicht mehr auffällt. Bei rascher Wagen- oder Eisenbahnfahrt zeigt sie sich daher auch am stärksten an nahe gelegenen Gegenständen, während wir weiter entfernte, deren scheinbare Verschiebung derjenigen bei der gewöhnlichen Geschwindigkeit der Ortsbewegung ungefähr entspricht, leicht als ruhend auffassen können [1]. Wie wir in diesen Fällen eine Bewegung des Auges, weil sie passiv ist, übersehen, so können wir auch eine active Augenbewegung verkennen oder wenigstens unterschätzen, wo dann derselbe Erfolg eintreten muss. Was wir an der wirklichen Augenbewegung ignoriren, muss als eine Bewegung der Objecte in entgegengesetztem Sinne gedeutet werden. Hierauf beruht die Erfahrung, dass, wenn man Objecte, die längere Zeit mit einer gewissen Geschwindigkeit in gleich bleibender Richtung bewegt werden, betrachtet hatte, und nun den Blick auf ruhende Gegenstände wendet, diese während kurzer Zeit in entgegengesetztem Sinne bewegt scheinen. Verfolgt man z. B. bei der Eisenbahnfahrt die nahe befindlichen, in rascher Scheinbewegung begriffenen Gegenstände, und blickt dann auf den Fussboden des Wagens, so scheint dieser in der Richtung des Zugs dem Blick zu entfliehen. Nimmt man ferner zwei Scheiben mit abwechselnd schwarzen und weissen Sectoren, wie sie zu Versuchen am Farbenkreisel dienen, und lässt man die eine längere

[1] Man sieht die Scheinbewegung, wie ENGELMANN beobachtete, auch noch an den Nachbildern, die man bei der Fahrt von den in Scheinbewegung begriffenen Gegenständen erzeugt; es erscheinen dann aber alle, die ferneren wie die näheren Gegenstände, im Nachbilde mit gleicher Geschwindigkeit bewegt. Auch kann sich die Scheinbewegung des Nachbildes umkehren, wenn man sich bei geschlossenem Auge vorstellt, der Wagen fahre in entgegengesetzter Richtung (Th. W. ENGELMANN, Jenaische Zeitschr. f. Medicin und Naturwissenschaften III, 4).

Zeit mit solcher Geschwindigkeit vor dem Auge rotiren, dass noch eben die einzelnen Sectoren deutlich von einander zu unterscheiden sind, so scheint, wenn man plötzlich den Blick von der bewegten auf die ruhende Scheibe wendet, diese sich in entgegengesetztem Sinne zu drehen[1]). Endlich gehören hierher die (S. 208 f.) schon besprochenen Schwindelerscheinungen, bei denen stets eine Scheinbewegung der Objecte vorhanden ist, die z. B. beim Drehschwindel in der Richtung der Drehung, also ebenfalls entgegengesetzt der vorangegangenen Bewegung der Objecte, erfolgt. Dass bei diesen Täuschungen die Augenbewegung wesentlich bestimmend ist, erhellt aus dem Einflusse der Fixation. Die Scheinbewegung tritt nämlich nur dann ein, wenn man mit dem Blick absichtlich oder unwillkürlich die bewegten Objecte verfolgt hat; sie bleibt aus, wenn man vollkommen fest irgend einen Punkt fixirt, der selbst im Verhältniss zum Auge unbewegt bleibt, z. B. beim Fahren auf der Eisenbahn das Fensterkreuz des Wagens. Die eigentliche Ursache der Scheinbewegung wird demnach in folgender Weise zu denken sein. Nachdem wir längere Zeit bewegte Gesichtsobjecte mit dem Blick verfolgt haben, vollzieht sich mehr und mehr unsere Augenbewegung ohne deutliches Bewusstsein, und zugleich verlieren wir auf kurze Zeit die Fähigkeit, ruhende Gegenstände fest zu fixiren. Wenden wir daher auf einen solchen den Blick, so dauert unwillkürlich die vorige Augenbewegung fort: da wir aber zugleich von dieser kein Bewusstsein haben, so muss nun das Object im entgegengesetzten Sinne bewegt scheinen. In der That kann ein objectiver Beobachter solche Augenbewegungen wahrnehmen. Ausserdem vermindert sich, wenn man längere Zeit ein gleichförmig bewegtes Object fixirend verfolgt, mehr und mehr die Vorstellung der Bewegung: wir verlieren also offenbar allmälig das Bewusstsein der stattfindenden Augendrehung. Unter diesen verursachenden Erscheinungen bietet die unwillkürliche Verfolgung des bewegten Objectes mit dem Blick sowie die als Nachwirkung bleibende Drehung des Auges keine Schwierigkeit, da sie mit vielen andern Beobachtungen im Einklang stehen. Bekanntlich bedarf es besonderer Uebung, ehe man im Stande ist, den Fixationspunkt vor oder hinter dem gesehenen Objecte zu wählen: hierin macht sich deutlich der Zwang zur Fixation der Objecte geltend. Wenn wir ferner von einer Beschäftigung kommen, bei der wir nur nahe Gegenstände betrachtet haben, z. B. vom Lesen, so bedarf es oft einer gewissen Zeit, ehe das Auge ferne Gegenstände deutlich aufzufassen vermag, weil leicht als Nachwirkungen der vorangegangenen Augenbewegungen noch un-

[1]) Eine interessante Modification dieses Versuchs vergl. bei PLATEAU, POGGENDORFF's Annalen Bd. 80, S. 289. Weitere Beobachtungen und Versuche über Bewegungstäuschungen siehe bei OPPEL, POGGENDORFF's Annalen Bd. 99, S. 540 und Jahresber. des Frankf. physikal. Vereins. 1859—60. S. 54. ZÖLLNER, POGGENDORFF's Ann. Bd. 100. S. 500.

willkürliche Convergenzstellungen eintreten. Diese Thatsachen, die sichtlich mit den Erscheinungen der Uebung und Gewöhnung zusammenhängen, finden in mehrfach erörterten Principien der physiologischen Mechanik der Nerven ihre Erklärung [1]. Zweifelhafter kann man darüber sein, warum uns das Bewusstsein einer fortdauernd in einer Richtung stattfindenden Augendrehung allmälig abhanden komme. Man hat hier an eine psychologische Erklärung gedacht. Wir seien, meint HELMHOLTZ, gewohnt, ruhende Objecte zu fixiren, bei der Verfolgung bewegter Gegenstände gewöhnten wir uns nun, die hierzu erforderlichen Willensimpulse als die zur Fixation geeigneten zu betrachten [2]. Aber diese Hypothese gibt über den Grund wesshalb uns die stattfindende Augenbewegung entgeht, keine Rechenschaft; auch lässt sich nicht sagen, dass Willensimpulse die Fixation verursachen, da wir vielmehr ganz unwillkürlich dem bewegten Object mit dem Blick folgen. Ein wesentliches, hierbei ganz übersehenes Moment, mit welchem namentlich der alle diese Erscheinungen begleitende Schwindel zusammenhängt, liegt, wie schon früher angedeutet wurde, in der Unmöglichkeit eine wirkliche Fixation zu Stande zu bringen [3]. Indem wir ein Object mit dem Blick zu verfolgen suchen, entschwindet es uns, wir suchen ein neues festzuhalten, hier wiederholt sich der nämliche Vorgang. u. s. f. Während daher das Auge nach der Seite gedreht ist, nach welcher sich die Objecte bewegen, finden fortdauernde Innervationsanstrengungen in der entgegengesetzten Richtung statt. Diese bleiben aber wirkungslos, weil der neue Gegenstand, auf den sich das Auge einzustellen sucht, immer wieder in der früheren Richtung entschwindet und den Blick nach sich zieht. Nun haben wir den wichtigen Einfluss solcher Innervationsanstrengungen auf die Localisation der Gesichtsobjecte oben kennen gelernt. Da die Lage und Richtung der Gegenstände nicht sowohl nach der wirklich ausgeführten Bewegung als nach dem Innervationsgefühl bemessen wird, so muss in Folge jener der Richtung der Bewegung entgegengesetzten Innervation die Geschwindigkeit der Bewegung unterschätzt werden, wie man dies in der That beobachtet. Wendet man nun den Blick auf ein ruhendes Object, so dauert die vorige Augendrehung noch eine Zeit lang fort, aber sie wird in ihrem Einfluss auf die Localisation der Objecte wieder von der ebenfalls fortdauernden entgegengesetzten Innervation compensirt, so dass jetzt bei scheinbar feststehendem Auge die Gesichtsobjecte eine entgegengesetzte Scheinbewegung einschlagen. In Uebereinstimmung hiermit fühlt man im Auge, obgleich man sich einer Drehung desselben nicht deutlich bewusst ist, doch eine Anstrengung.

Auch in andern Fällen, in denen nicht, wie bei der fortgesetzten Be-

---

[1] Vergl. S. 262, 271.

[2] HELMHOLTZ, physiol. Optik, S. 603.

[3] Vergl. S. 244.

wegung der Objecte in einer Richtung, Störungen in der normalen Innervation des Auges verursacht werden, können wir uns trotzdem über Ruhe und Bewegung täuschen. Die Bewegung ist eine relative Vorstellung. Wir nennen denjenigen Gegenstand ruhend, der sein Lageverhältniss zu uns selbst nicht wechselt. Wenn zwei Gegenstände ihre gegenseitige Lage im Raume ändern, so erscheint uns derjenige bewegt, dessen Netzhautbild sich verschiebt, oder zu dessen Fixation wir der verfolgenden Augenbewegung bedürfen. Die Entscheidung ist daher leicht und meistens sicher, wenn nur das eine von zwei betrachteten Objecten sein Lageverhältniss zu uns ändert, das andere ruhend bleibt. Immerhin sind auch hier Täuschungen möglich, falls die Bewegung verhältnissmässig langsam geschieht, wo uns die verfolgende Blickbewegung entgehen kann. Wenn z. B. des Abends Wolken am Monde vorüberziehen, so können wir diese Bewegung auf den Mond übertragen, der uns nun in entgegengesetzter Richtung vorüberzuziehen scheint, während die Wolken stille stehen. Bei dieser Täuschung wirkt der Umstand mit, dass wir geneigter sind, kleinere Gesichtsobjecte für bewegt zu halten als grössere, eine Neigung, welche sich nur aus der Mehrzahl von Erfahrungen, die für diesen Fall sprechen, erklären lässt. Viel leichter noch treten aber derartige Täuschungen ein, wenn beide gegen einander bewegte Objecte ihre relative Lage zu uns ändern. So wird die vorige Erscheinung viel lebhafter, wenn wir uns selber bewegen. Am unsichersten ist aber auch hier unser Urtheil über die Bewegung der Gegenstände, wenn wir selbst passiv bewegt sind. So ist es eine bekannte Täuschung, dass wir, im Eisenbahnzuge sitzend, unsere eigene Bewegung auf die eines andern ruhig danebenstehenden Zuges übertragen; wir können aber auch umgekehrt selber zu fahren glauben, während wir in Wirklichkeit stille sitzen und der nebenstehende Zug in entgegengesetzter Richtung vorbeifährt. Hier ist die Täuschung desshalb so vollständig, weil die stattfindenden Verschiebungen der Netzhautbilder wirklich ebenso gut in der einen wie in der andern Weise ausgelegt werden können. Ausserdem entsprechen beide Vorstellungen Ereignissen, die an sich gleich möglich sind, während wir uns bei der gewöhnlichen Scheinbewegung der Bäume, Häuser u. s. w. bei der Vorbeifahrt sehr wohl der wirklichen Verhältnisse bewusst sind.

Unsere beiden Augen sind in physiologischer Hinsicht zusammengehörige Organe. Aehnlich wie bei den Organen der Ortsbewegung beruht die Gemeinschaft ihrer Function auf der functionellen Verbindung ihrer Bewegungsapparate. In jedem Auge wird ein Bild der äussern Objecte entworfen. Dieses Bild ist übereinstimmend, wenn sich die Gegenstände in grosser Ferne befinden; es ist verschieden, wenn dieselben so nahe sind,

dass im Vergleich zu ihrer Distanz der Abstand der beiden Augen von einander in Rücksicht kommt. Denn im letzteren Falle ist ein Theil der rechts gelegenen Gegenstände dem linken und ein Theil der links gelegenen dem rechten Auge verborgen. Aber obgleich wir immer zwei Bilder, und beim Sehen in die Nähe sogar zwei verschiedene Bilder empfangen, so bemerken wir doch in der Regel nichts von dieser Doppelheit der Empfindung, sondern unsere Vorstellung enthält nur ein einziges Bild der gesehenen Dinge. Diese Einheit der Vorstellung ist aber in der Symmetrie der Bewegungen und Stellungen des Auges begründet. Denn sobald die letztere gestört wird, z. B. beim Schielen in Folge abnormer Muskelverkürzungen oder von Störungen der motorischen Innervation, vereinigen sich die Netzhautbilder nicht mehr in eine einzige Vorstellung, sondern die Gegenstände werden nun doppelt gesehen. Eine natürliche Folge der zusammenstimmenden Function des Doppelauges ist es, dass wir nicht unterscheiden können, welche Theile einer Gesichtsvorstellung dem einen oder dem andern Netzhautbilde angehören. Auch wenn wir in Folge gestörter Synergie doppelt sehen, können wir uns daher erst durch abwechselndes Schliessen oder Verdecken der Augen überzeugen, von welchem derselben ein jedes der gesehenen Bilder herrührt. Aus dem nämlichen Grunde können Menschen auf dem einen Auge total erblinden, ohne es zu bemerken.

Die Stellung der beiden Augen zu einander ist unzweideutig bestimmt, wenn man erstens die Richtungen der beiden Gesichtslinien und zweitens die Orientirung jedes einzelnen Auges in Bezug auf seine Gesichtslinie kennt. Letztere wird, wie früher (S. 535) bemerkt, an dem so genannten Rollungs- oder Raddrehungswinkel gemessen. Bei der unmittelbaren Verfolgung der Augenbewegungen pflegen wir zunächst nur die Richtungen der Gesichtslinien zu beachten, die auch allein unter dem directen Einfluss des Willens stehen. Die Rollungen, die in Folge der mechanischen Bedingungen der Bewegung ohne unser Wissen und Wollen eintreten, und die unter allen Umständen sehr klein sind, können durch die physiologische Untersuchung erst nachgewiesen werden; wir wollen daher vorläufig von ihnen absehen, um weiter unten auf sie und ihre Bedeutung für das Doppelauge zurückzukommen. An den Bewegungen der Gesichtslinien gibt sich nun die Synergie des Doppelauges sogleich dadurch zu erkennen, dass sich im allgemeinen stets beide Gesichtslinien gleichzeitig bewegen, und dass gewisse Richtungen der Bewegung mit einander fest verknüpft sind, so dass ihre Verbindung nur unter ungewöhnlichen Verhältnissen oder in Folge besonderer Einübung gelöst werden kann. In dieser Beziehung ist der Zwang zur zusammenstimmenden Bewegung beim Doppelauge sogar viel grösser als bei den Organen der Ortsbewegung, und er nähert sich dem Zwang zur bilateralen Action, wie er an den vollkommen

symmetrisch wirksamen Muskelgruppen, z. B. an den Athmungs- und Schluckwerkzeugen, besteht.

Beide Augen heben oder senken sich unter allen Umständen gleichmässig; ungleiche Höhenstellungen derselben gibt es nicht. Seitwärts können sie sich dagegen sowohl um gleiche wie um ungleiche Winkel wenden, dabei müssen aber entweder die Gesichtslinien parallel stehen oder nach irgend einem Punkte convergiren: Divergenzstellungen sind unmöglich. Unter diesen verschiedenen Bewegungen scheinen diejenigen mit parallel bleibenden Gesichtslinien, welche wir die Parallelbewegungen nennen wollen, ursprünglich die natürlichsten zu sein. Kinder in den ersten Lebenstagen sieht man vorzugsweise solche ausführen. Allerdings treten zeitweise auch Convergenzstellungen ein; sie kommen aber fast nur dann vor, wenn der Blick gesenkt wird, eine Bewegung, die beim Neugeborenen verhältnissmässig selten ist. Diese Erscheinung hängt damit zusammen, dass überhaupt, sobald die Blicklinien in eine geneigte Lage übergehen, ein unwillkürlicher Antrieb zur Convergenz derselben erfolgt [1]). Die Parallelbewegung ist die zweckgemässe, wenn sich unsere Aufmerksamkeit unendlich entfernten Objecten zuwendet; denn in unendlicher Entfernung treffen unsere parallelen Gesichtslinien in einem einzigen Blickpunkte zusammen. Bei gesenktem Blick bieten sich dagegen in der Regel nur nähere Gegenstände unserer Betrachtung dar. Jene Stellungsänderung entspricht also den in der gewöhnlichen Anordnung der Gesichtsobjecte gegebenen Anforderungen. Zugleich ist sie aber in den mechanischen Gesetzen der Augenbewegungen begründet. Dies beweist eben der Umstand, dass sie auch dann unwillkürlich eintritt, wenn uns durchaus keine nahen Gegenstände zur Fixation geboten werden. Ueberdies führt sie, wie schon früher (S. 561) hervorgehoben wurde, zu constanten Täuschungen über die Richtung verticaler Linien, denen wir bei monocularer Betrachtung ausgesetzt sind.

Convergenzbewegungen wollen wir diejenigen Stellungsänderungen nennen, bei denen die Gesichtslinien entweder von einem ferneren zu einem näheren, oder von einem näheren zu einem entfernteren Blickpunkte übergehen. Alle Convergenzstellungen zerfallen in symmetrische und in asymmetrische. Die ersteren sind solche, in denen beide Gesichtslinien von der gerade nach vorn gerichteten Parallelstellung aus um gleich viel nach innen gedreht sind; der Blickpunkt liegt bei ihnen stets in der Medianebene. Asymmetrisch sind alle Convergenzstellungen, bei denen sich der Blickpunkt nicht in der Medianebene befindet; dabei sind entweder beide Augen von der gerade nach vorn gerichteten Parallelstellung aus um ungleiche Winkel nach innen, oder es ist nur das eine

[1]) Siehe S. 562.

Auge nach innen, das andere um einen kleineren Winkel nach aussen gedreht. Convergenzbewegungen sind in jeder Höhenstellung der Gesichtslinien möglich. Aber wie die Parallelstellung bei gesenktem Blick unwillkürlich in Convergenz übergeht, so strebt die letztere bei der Erhebung des Blicks der Parallelstellung zu, so dass sie sich ohne unser Wissen und Wollen vermindert. Auch dies beruht auf den schon erörterten Gesetzen der Augenbewegung, nach denen die Convergenz bei geneigter Blicklinie mechanisch erleichtert ist.

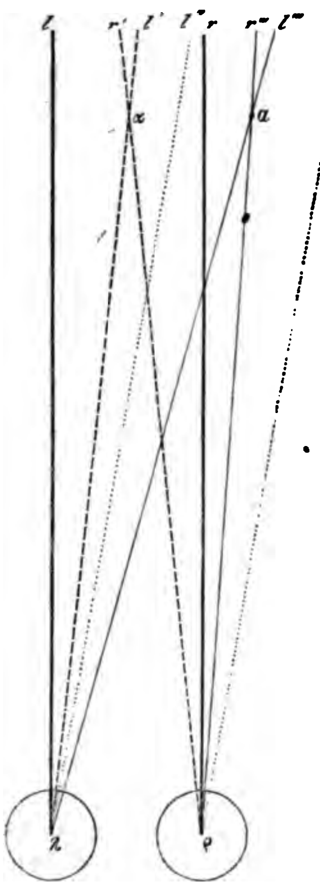


Fig. 125.

Bei den seitlichen Parallelbewegungen drehen sich beide Gesichtslinien um gleiche Winkel nach rechts oder links; bei den symmetrischen Convergenzbewegungen drehen sie sich um gleiche Winkel nach innen oder aussen. Jenem entspricht eine Seitenverschiebung, diesem eine Tiefenverschiebung des gemeinsamen Blickpunktes im Sehfeld. Nun kann sich aber auch der Blickpunkt gleichzeitig nach der Seite und nach der Tiefe verschieben; dem entspricht die asymmetrische Convergenzstellung. Diese lässt sich demnach aus einer seitlichen Parallelbewegung und aus einer symmetrischen Convergenz zusammengesetzt denken. In der That würde das Auge aus einer Anfangsstellung mit gerade nach vorn gerichteten Gesichtslinien (γr, λl Fig. 125) in jede asymmetrische Convergenz von gleicher Höhenstellung so übergehen können, dass es zuerst eine parallele Seitwärtsbewegung in die Lage $\rho r''$, $\lambda l''$) ausführte, durch welche der Fixationspunkt a in die Mitte zwischen beide Gesichtslinien gebracht würde, worauf dann in dieser Seitenstellung eine symmetrische Convergenz erfolgte ($\rho r'''$, $\lambda l'''$). Obgleich wir nun in Wirklichkeit diese doppelte Bewegung nicht ausführen, sondern unmittelbar etwa von einem Punkte α auf den Punkt a übergehen, so ist doch höchst wahrscheinlich die Innervation in solcher Weise zusammengesetzt. Zunächst bemerkt man nämlich, dass bei asymmetrischer Convergenz gerade in demjenigen Auge, welches am wenigsten aus seiner anfänglichen Ruhelage abgelenkt wurde,

das Druckgefühl, das ausgiebige Augenbewegungen zu begleiten pflegt, am grössten ist. So überwiegt, wenn die beiden Augen ρ und λ (Fig. 125) auf den rechts gelegenen Punkt a eingestellt sind, das Druckgefühl im rechten Auge, obgleich dieses nur um den Winkel $r\,\rho\,r'''$, das linke dagegen um den viel grösseren $l\,\lambda\,l''$ aus seiner Ruhelage abgelenkt ist. Ebenso ist das Druckgefühl im Auge ρ bei der Einstellung auf den Punkt a grösser, als wenn es in symmetrischer Convergenz auf α gerichtet ist, obgleich der Winkel $r\,\rho\,r'''$ kleiner als $r'\,\rho\,r$ ist[1]. Noch mehr, verlegt man den Fixationspunkt a in Richtung der Linie $\rho\,r'''$ in immer grössere Ferne, so ist deutlich eine Verminderung des Druckgefühls in dem Auge ρ bemerkbar, obgleich doch seine Stellung sich gar nicht verändert und nur das Auge λ sich allmälig der Parallelstellung genähert hat. Hiermit hängt die von Hering gefundene Thatsache zusammen, dass die Excursionsweite eines jeden Auges nach aussen beim Sehen in die Nähe kleiner ist als beim Sehen in die Ferne[2]. Bei der Fixation eines nahe gelegenen seitlichen Punktes wird eben die Innervation zur Aussenwendung immer theilweise compensirt durch die Innervation zur Convergenz. Daraus erklärt sich denn auch das erhöhte Druckgefühl. Sind die Augen ρ und λ auf den Punkt a eingestellt, so ist in λ nur der Rectus internus innervirt, und die volle Innervationskraft desselben ist auf Innenwendung gerichtet. In ρ dagegen empfängt der Rectus externus einen Impuls, der für sich das Auge nach $\rho\,r''$ richten würde, doch ist ein Theil dieser Drehung compensirt durch die Innervation des Rectus internus, durch den es erst in seine wirkliche Richtung $\rho\,r'''$ gebracht wird. Hier ist also eine Innervationsgrösse, die dem Winkel $r'''\,\rho\,r''$ entspricht, nicht auf wirkliche Bewegung, sondern zur Compensation der Muskelkräfte verwandt: sie muss daher als Druck auf den Augapfel zur Geltung kommen. Belehrend scheint mir auch der folgende Versuch zu sein. Man verdecke zunächst, während das eine Auge λ einen in der Medianebene gelegenen Punkt fixirt, das andere Auge ρ mit einem Blatt Papier. Zieht man dann dieses Blatt plötzlich weg, so findet sich, dass sogleich beide Augen richtig auf den Punkt eingestellt sind; auch kann ein objectiver Beobachter bemerken, dass die Gesichtslinie des Auges ρ schon während dieses bedeckt ist die Stellung $\rho\,r'$ einnimmt, welche symmetrisch zu $\lambda\,l'$ ist. Fixire ich dagegen mit dem Auge λ einen seitlich gelegenen Punkt a, so sehe ich im ersten Moment, nachdem das bedeckende Blatt vor dem Auge ρ weggenommen ist, immer Doppelbilder, weil die Gesichtslinie während der Bedeckung des Auges nicht die Stellung $\rho\,r'''$ einnahm sondern davon et-

---

[1] Hering, die Lehre vom binocularen Sehen. Leipzig 1868. S. 10.
[2] Ebenda S. 11.

was nach aussen gegen pr'' abwich. Demnach begleitet das bedeckte Auge Einstellungen des andern auf einen in der Medianebene gelegenen Punkt in symmetrischer Convergenz. Ebenso macht es Hebungen und Senkungen der Blicklinie oder Seitwärtswendungen in paralleler Blickstellung mit. Dagegen stellt es sich in der Regel nicht auf den Fixationspunkt ein, wenn solches eine asymmetrische Convergenz erfordern würde, sondern es weicht in diesem Fall im Sinne der entsprechenden Parallelstellung ab. Die Mitbewegung des bedeckten Auges beweist an und für sich, dass beide Augen einer gemeinsamen Innervation folgen, welche nicht erst durch gemeinsame Blickpunkte, denen sie sich zuwenden, zu Stande kommt. Die Abweichung von der Einstellung auf den gemeinsamen Blickpunkt, die man bei der asymmetrischen Convergenz beobachtet, spricht aber dafür, dass hier ein complicirteres Verhältniss der Innervation stattfindet. In der That kann z. B. eine Linkswendung des linken Auges für das rechte Auge entweder eine gleich grosse Linkswendung erfordern: dies ist der Fall der einfachen Innervation für die Parallelstellung. Oder sie kann sich mit einer stärkeren Innenwendung desselben verbinden: bei asymmetrischer Convergenz. Ist nun das eine Auge verdeckt, so bleibt ihm zwischen beiden Fällen gleichsam die Wahl, und die Beobachtung lehrt, dass es dann der einfacheren Innervation folgt oder wenigstens im Sinne derselben abgelenkt wird. Dieser Erfahrung entspricht es, dass wo beide Augen sich ohne bestimmte Fixationspunkte bewegen, wie z. B. beim Neugeborenen, die Parallelstellung so ungleich bevorzugt ist, weil eben nur eine beschränkte Zahl von Convergenzstellungen, die symmetrischen nämlich, einer ähnlich einfachen Innervation gehorchen.

Somit existiren am Auge drei unter gewöhnlichen Verhältnissen unlösbare Verbindungen der Bewegung, welche auf der gleichzeitigen centralen Innervation beider Sehorgane beruhen: Hebung und Senkung, Rechts- und Linkswendung, Innenwendung. Das Doppelauge gleicht in Bezug auf die Innigkeit dieser Verbindungen vollständig den symmetrisch wirkenden Muskelgruppen, wie z. B. der Athmung, der Schluckbewegungen. Die scheinbar grössere Freiheit seiner Bewegungen beruht nur darauf, dass unter den drei Innervationen, die seine Bewegungen beherrschen, zwei sich theilweise entgegenwirken können, nämlich die für Rechts- und Linkswendung und diejenige für Innenwendung. Die erste Innervation deutet auf eine centrale Verbindung des Rectus externus der einen mit dem internus der andern Seite, die letztere auf eine solche der beiden inneren Muskeln mit einander. In der That weisen auch die Reizungsversuche am Vierhügel auf diese nämlichen Verbindungen hin[1].

---

[1] Vergl. Cap. IV S. 147.

Die Innervation des Doppelauges ist sichtlich von dem Gesetze beerrscht, dass die beiden Gesichtslinien jeweils auf einen einzigen Blickunkt sich müssen einstellen können. Dies wäre nicht mehr der Fall, 'enn dieselben in ungleichem Grade gehoben oder gesenkt würden, oder enn sie divergirten. Solche Stellungen kommen daher natürlicher 'eise nicht vor. Nur durch künstliche Lösung der natürlichen Verbinıngen, und meistens nur in Folge besonderer Einübung, können sie am ırmalen Auge unter Umständen eintreten [1]. Durch diese Gebundenheit ›r Augenbewegungen an die Möglichkeit eines gemeinsamen Blickpunktes ird aber keineswegs etwa bewiesen, dass die gleichzeitige Einstellung ıf bestimmte Punkte im Sehfeld der zwingende Grund für jenen Mechasmus der Innervation sei. In der That lässt sich dies, wenn man sich f die Betrachtung der individuellen Entwicklung beschränkt, kaum vorssetzen. Der Neugeborene bewegt zunächst, wie es scheint, seine Augen ne bestimmte Blickpunkte [2]. Jedenfalls sind die Bewegungsgesetze hon klar ausgeprägt, ehe sich deutliche Anzeichen einer Gesichtswahrhmung gewinnen lassen. Es gibt freilich Thiere, bei denen sogleich ch der Geburt Gesichtsvorstellungen vorhanden scheinen. Aber der cenıle Mechanismus der Innervation ist schon in dem Embryo angelegt. enn also zwischen ihm und der Bildung der Wahrnehmungen ein Causalrhältniss existirt, wie nicht zu verkennen, so müssen bei der individuellen ıtwicklung die Gesetze der Innervation das Bedingende, die Vorstellungen ıs Bedingte sein. Dagegen ist es allerdings wahrscheinlich, dass bei der ıtwicklung der Art umgekehrt die centralen Vorrichtungen für die In›rvation des Doppelauges unter der Leitung der Gesichtswahrnehmungen :h ausgebildet haben. Bei den meisten Thieren sind, wie schon J. [LLER [3] bemerkt hat, die beiden Augen in functioneller Beziehung unabıngiger von einander als beim Menschen, weil ihnen ein gemeinsames

---

[1] Am leichtesten können solche abnorme Stellungen durch schwach ablenkende ›men herbeigeführt werden. Bringt man z. B. vor das eine Auge ein Prisma mit · Basis nach oben oder unten, so erscheint der fixirte Punkt in übereinander liegenı Doppelbildern, die man nach einiger Zeit zum Verschmelzen bringen kann. Bringt n ferner vor beide Augen sehr schwache Prismen, die mit ihrer Basis nach innen ichtet sind, so erscheinen Doppelbilder, welche sich nur durch divergirende Augenlung vereinigen lassen. Auch hier gelingt diese Vereinigung mit einiger Anstrenıg. Das nämliche lässt sich durch die Vereinigung stereoskopischer Bilder eren, indem man von den zwei Zeichnungen, nachdem sie in paralleler Augenstellung Verschmelzung gebracht sind, die eine etwas nach oben oder aussen verschiebt. abnorme Ablenkung, die nach der einen oder andern dieser Methoden herbeigeführt rden kann, beträgt übrigens höchstens 6–8°. Vgl. DONDERS, Archiv f. d. holländien Beiträge III S. 560. HELMHOLTZ, physiol. Optik, S. 475.

[2] Vergl. hierüber auch J. MÜLLER, zur vergleichenden Physiologie des Gesichtsıs, S. 293.

[3] a. a. O. S. 99 f.

Gesichtsfeld fehlt, oder weil dasselbe von beschränkterer Ausdehnung ist. Thiere mit vollkommen seitlich gestellten Augen sehen daher auch nicht gleichzeitig mit beiden, sondern abwechselnd mit dem einen und andern. Desshalb sind hier die Augen in Bezug auf ihre motorische Innervation unabhängiger von einander[1]. In der Entwicklung der Art werden also wohl erst mit der Ausbildung eines gemeinsamen Gesichtsfeldes die centralen Vorrichtungen zu gemeinsamer Innervation entstanden sein. Diese Vorrichtungen haben nun, wie der Einfluss der Lichteindrücke auf die Bewegungen des Auges lehrt, die nächste Aehnlichkeit mit den Apparaten, welche die gewöhnliche Reflexbewegung beherrschen; sie sind aber mit einer viel genaueren Regulation verbunden als der gewöhnliche Reflexmechanismus des Rückenmarks. Die Beobachtung zeigt nämlich, dass von jedem Lichteindruck ein gewisser Antrieb zur Bewegung des Auges ausgeht. Es bedarf bekanntlich besonderer Anstrengung und Uebung, einen imaginären Blickpunkt zu wählen, d. h. einen solchen, dem kein reeller Objectpunkt entspricht. Zwischen den Netzhauteindrücken und der Blickbewegung muss also eine Beziehung bestehen, welche dem Reflex verwandt ist. In der That handelt es sich hier offenbar um einen jener complicirten Reflexvorgänge, als deren Centren wir die Hirnganglien, namentlich Seh- und Vierhügel, erkannt haben. Die nächste Analogie hat diese Lenkung der Augenbewegungen durch die Lichteindrücke mit der Beziehung zu den Tastempfindungen. Nur scheint beim Auge die Verbindung eine noch festere, darum dem einfachen Reflex verwandtere zu sein, ähnlich wie auch die bilaterale Symmetrie der Bewegungen strenger eingehalten ist als an den Organen der Ortsbewegung. Es wird nun unsere Aufgabe sein, die Gesetze dieser zusammengesetzten Reflexe, als deren Sitz wir früher[2] die Vierhügel erkannten, an den Augenbewegungen selbst näher nachzuweisen.

Man gebe dem Doppelauge zunächst einen imaginären Blickpunkt: man lasse also die beiden Gesichtslinien in einem Punkte sich kreuzen, an dem sich kein direct gesehenes Object befindet. Dies gelingt am leichtesten, wenn man nach einer fernen Fläche starrt und dann irgendwo vor derselben die Gesichtslinien zur Convergenz bringt. Ist die ferne Fläche eine Tapete, so lässt sich aus der scheinbaren Verkleinerung des Musters derselben die Entfernung des vor ihr gelegenen Convergenzpunktes annähernd ermessen. Bringt man nun in geringe Distanz vor oder hinter den imagi-

[1] Dies lässt sich z. B. sehr deutlich am Chamäleon wegen seiner hervorstehenden Augen beobachten: während sich das eine nach oben oder vorn wendet, kann das andere nach unten oder hinten gerichtet sein, u. s. w.

[2] S. 144, 193.

nären Blickpunkt ein reelles Object, z. B. einen Finger, so tritt augenblicklich ein fast unwiderstehlicher Zwang ein, auf dieses Object den Blickpunkt zu verlegen. Dieser Zwang, der nur durch Willensanstrengung unterdrückt werden kann, ist um so grösser, je näher das Object an den Blickpunkt herangebracht wird. Noch deutlicher ist derselbe zu bemerken, wenn man in einem dunkeln Raum ein Fixationsobject, z. B. eine Stricknadel, aufstellt, in dessen Richtung beide Augen blicken, und dann durch einen instantanen elektrischen Funken erleuchtet. Hierbei ist der Zwang, den Blickpunkt auf das gesehene Object zu verlegen, so stark, dass er kaum durch Willensanstrengung zu unterdrücken ist.

Aus diesen Beobachtungen geht hervor, dass jeder Lichteindruck auf die Netzhaut in dem Innervationscentrum des Auges einen Reflexantrieb auslöst, welcher dahin gerichtet ist, den Eindruck auf das Netzhautcentrum überzuführen. Hieraus erklärt sich vollständig das Grundgesetz der Innervation des Doppelauges, dass nur solche Bewegungen der beiden Blicklinien stattfinden können, bei denen ein gemeinsamer Blickpunkt möglich ist. Jene Antriebe zur Bewegung können aber entweder eine wirkliche Bewegung hervorbringen, wo dann das Doppelauge den erregenden Lichteindruck zum Fixationspunkte wählt, oder sie können, sei es durch den Willen, sei es durch andere Lichteindrücke, welche eine entgegengesetzte Wirkung ausüben, unterdrückt werden, so dass sie als ein blosses Streben nach Bewegung fortdauern. Der unterdrückende Einfluss des Willens wird natürlich durch denjenigen anderer Lichteindrücke wesentlich unterstützt. Das gewöhnliche willkürliche Wandern des Blicks ist daher nur dadurch möglich, dass immer zahlreiche Lichteindrücke in ihren Wirkungen sich compensiren, so dass nun der geringste Impuls des Willens genügt, eine bestimmte Bewegung zu Stande zu bringen. Damit erklärt sich denn auch die ausserordentliche Beweglichkeit des Blicks, die von so geringen Willensanstössen geleitet wird, dass uns letztere kaum zum Bewusstsein kommen. Hierbei durchmisst der Blick mit Vorliebe Contouren und Linien im Sehfeld, gemäss dem Gesetze, dass diejenigen Eindrücke, die dem jeweiligen Blickpunkt am nächsten liegen, den stärksten Antrieb ausüben.

Der Antrieb, den ein Lichteindruck äussert, auf ihn den Blickpunkt einzustellen, ist eine motorische Innervation von bestimmter Grösse. In den Vierhügeln wird daher muthmasslich jede einem gegebenen Netzhautpunkt entsprechende Opticusfaser dergestalt mit dem motorischen Centrum des Doppelauges verbunden sein, dass ihre Erregung eine Drehung jedes einzelnen Auges zu Stande bringt, die nach Richtung und Entfernung dem Lageverhältniss des gereizten Punktes zur Netzhautmitte entspricht. Die centralen Einrichtungen, welche zu diesem Zweck vorausgesetzt werden

müssen, sind ohne Zweifel ziemlich verwickelt, aber im Vergleich mit vielen andern centralen Regulirungsvorrichtungen, auf welche die Beobachtung schliessen lässt, sind sie immer noch verhältnissmässig einfach. Ueberdies sehe ich keinen Weg, jener Annahme zu entgehen, wenn man die Beobachtung zugibt, dass die Lichteindrücke einen zwingenden Antrieb zur Fixation ausüben. Dieser Antrieb wird sich nun aber unter allen Umständen als ein Innervationsgefühl äussern müssen, da das letztere ja nicht von der wirklichen Bewegung, sondern vielmehr von dem Impuls zu einer intendirten Bewegung bestimmt wird. Das erfüllte Sehfeld liefert uns also neben den unmittelbaren Lichteindrücken und durch dieselben immer zugleich eine Summe von Bewegungsantrieben mit den entsprechenden Innervationsgefühlen, wobei aber diese Antriebe theils sich wechselseitig compensiren, theils durch den Willen gebändigt werden und nur zum geringsten Theil in wirkliche Bewegungen übergehen.

Mit der Convergenzbewegung der Gesichtslinien sind in der Regel Aenderungen des Accommodationszustandes verbunden, indem beide Augen derjenigen Entfernung sich anpassen, auf welche der gemeinsame Blickpunkt eingestellt wird[1]. Doch ist dieser Zusammenhang kein unlösbarer, sondern es kann durch Veränderungen des Brechungszustandes oder durch absichtliche Uebung das Verhältniss von Accommodation und Convergenz ziemlich bedeutende Verschiebungen erfahren. Wenn man z. B. durch schwache Prismen mit vertical gestellter brechender Kante Doppelbilder der gesehenen Gegenstände erzeugt, welche eine verstärkte Convergenz zu ihrer Vereinigung erfordern, so kann trotzdem die Accommodation der Entfernung der Objecte angepasst werden[2]. Solches erfolgt regelmässig ohne besondere Willensanstrengung, durch einen Zwang, den undeutlich gesehene Contouren auf den Accommodationsapparat auszuüben scheinen[3]. Wir müssen also annehmen, dass eine Reflexverbindung zwischen den Netzhauteindrücken und dem Innervationscentrum der Accommodation besteht. Beim monocularen Sehen wird hierdurch unmittelbar der jeweilige Refractionszustand des Auges der Entfernung der gesehenen Gegenstände angepasst. Das binoculare Sehen erfordert aber im allgemeinen einen gleichen Accommodationszustand für beide Augen. Diesem Bedürfniss entspricht eine centrale Verbindung der beiderseitigen Innervationscentren für die Accommodation. Wäre die letztere nur durch die in jedem Auge unabhängig erfolgenden Reflexantriebe bedingt, so bliebe unerklärt, warum es ausserordentlich schwer ist und erst mittelst fortgesetzter Uebung gelingt, die Re-

---

1) J. Müller, zur vergleichenden Physiologie des Gesichtssinns, S. 207 f.

2) Donders, holländische Beiträge I, S. 379. Helmholtz, physiol. Optik, S. 474.

3) Wundt, Beiträge zur Theorie der Sinneswahrnehmung, S. 119 f.

fractionszustände der beiden Augen unabhängig von einander zu ändern[1]). Ausserdem ist es nothwendig anzunehmen, dass eine etwas losere centrale Verbindung des Centrums der Accommodation mit dem der Convergenz bestehe. Denn es bedarf eines gewissen Zwanges, wenn man beide Augen auf eine Entfernung accommodiren will, die der bestehenden Convergenz nicht entspricht. Doch gelingt es viel schwerer, die Refractionszustände unabhängig von einander zu ändern, als die Verbindung von Accommodation und Convergenz zu lösen. Dass übrigens alle diese Verbindungen nicht absolut feste sind, steht mit bekannten Thatsachen der physiologischen Mechanik vollständig im Einklang[2]).

Wenn beide Gesichtslinien einander parallel in unendliche Ferne gerichtet sind, so haben sie einen gemeinsamen Blickpunkt. Aussserdem sind die Netzhautbilder in beiden Augen identisch und von übereinstimmender Lage. Ein Bildpunkt, der sich im rechten Auge um einen bestimmten Winkel nach rechts oder links, nach oben oder unten von der Netzhautmitte befindet, liegt im linken auf der nämlichen Seite und ebenso weit vom Centrum des gelben Flecks. Je zwei Punkte beider Netzhäute, auf welchen so bei der Parallelstellung der Augen Bildpunkte liegen, die einem und demselben Punkte eines unendlich entfernten Objectes entsprechen, hat man identische oder correspondirende Punkte genannt. Auch der Ausdruck Deckpunkte wurde vorgeschlagen, bei welchem aber von der Lage ganz abstrahirt und nur auf die häufigste Form der Verschmelzung der Eindrücke Rücksicht genommen ist, daher denn die von Helmholtz angenommenen Deckpunkte nicht vollkommen den übereinstimmenden Bildpunkten eines unendlich entfernten Objectes entsprechen[3]). Man sieht hieraus, dass bei diesen Bezeichnungen zwei Begriffe in einander laufen, welche der deutlichen Sonderung bedürfen, ein anatomischer, der sich lediglich auf die Lage der Punkte, und ein physiologischer, der sich auf die gewöhnlichste Form der Verschmelzung der Eindrücke bezieht. Es scheint uns erforderlich, diese zwei Begriffe durch verschiedene Bezeichnungen aus einander zu halten und ausserdem noch einen dritten zu unterscheiden. Wir wollen demnach 1) identisch jene Netzhautpunkte nennen, welche bei der Parallelstellung der Augen eine übereinstimmende Lage in Bezug auf das Netzhautcentrum besitzen, und die zugleich übereinstimmenden

---

[1]) Man kann sich hiervon z. B. durch folgenden Versuch überzeugen. Man fixire mit beiden Augen lineare Zeichnungen, die sich in verschiedenen Entfernungen befinden und übrigens so beschaffen sind, dass nicht Wettstreit oder Verdrängung eintritt, z. B. parallele Linien oder Kreise von verschiedenem Durchmesser. Hierbei erscheint das eine Object in Zerstreuungskreisen, und nur, wenn der Distanzunterschied nicht zu gross ist, gelingt es nach längerer Zeit, die Contouren beider Objecte in ungefähr gleicher Schärfe wahrzunehmen.

[2]) Vergl. S. 124, 271.

[3]) Helmholtz, physiol. Optik, S. 698.

Bildpunkten eines unendlich entfernten Objects entsprechen. 2) Correspondirende Punkte seien solche, deren Eindrücke am häufigsten in eine räumlich ungetheilte Empfindung verschmelzen, und welche daher in Folge dieser häufigen Verbindung in Bezug auf die einfache Auffassung bevorzugt sind. 3) Deckpunkte sollen endlich diejenigen Punkte heissen, deren Eindrücke im gegebenen Fall auf einen äusseren Punkt bezogen werden. Somit sind die correspondirenden Punkte sehr oft zugleich die Deckpunkte; sie sind dies aber nicht immer, und hieraus entspringt die Nothwendigkeit einer besondern Bezeichnung. Die identischen Punkte haben für alle normalen Augen unveränderlich dieselbe Lage. Die correspondirenden sind geringen individuellen Schwankungen unterworfen: sie fallen bald mehr bald weniger nahe mit den identischen Punkten zusammen, für ein und dasselbe Individuum aber sind sie im allgemeinen constant. Die Lage der Deckpunkte dagegen wechselt von einem Sehact zum andern, und nur durch die gewöhnlichen Bedingungen des Sehens sind der wechselseitigen Verschiebung der Deckpunkte gewisse Grenzen gesetzt. Netzhautpunkte von nicht übereinstimmender Lage heissen disparat; solche, deren Bilder sich nicht decken, wollen wir Doppelpunkte nennen. Disparat steht also zu identisch, der Doppelpunkt zum Deckpunkt im Gegensatz. Eine grössere Anzahl von Doppelpunkten bildet ein Doppelbild. Dieses besteht aus zwei Halbbildern, deren jedes einem einzelnen Auge angehört. Aus vielen Deckpunkten setzt sich ein Deckbild oder Ganzbild zusammen. Da wir alle Netzhautbilder auf äussere Gegenstände beziehen, so ist es auch hier zweckmässig, diese Bezeichnungen von der Netzhaut auf den äusseren Raum zu übertragen. Wir nennen also identische, correspondirende und Deckpunkte des Raumes solche Punkte, in denen sich die von identischen, correspondirenden und Deckpunkten beider Netzhäute gezogenen Visirlinien durchschneiden. Sind zwei zusammengehörige Visirlinien einander parallel, so liegt dieser Durchschnittspunkt in unendlicher Ferne. Bei Parallelstellungen durchschneiden sich also alle Visirlinien identischer Punkte in unendlicher Ferne. Es gibt einen einzigen Punkt im Sehfeld, der im normalen Auge immer gleichzeitig identischer, correspondirender Punkt und Deckpunkt ist: dies ist der Blickpunkt. Er ist der constante Durchschnittspunkt der beiden Gesichts- oder Blicklinien, mögen nun dieselben erst in unendlicher Entfernung, bei den Parallelstellungen des Blicks, oder in endlichen Entfernungen, bei den Convergenzstellungen, sich treffen. Die Ebene, in welcher die beiden Gesichtslinien gelegen sind, heisst die Visirebene. Was die übrigen Punkte des Sehfeldes betrifft, so kommt es theils auf die Augenstellung, theils auf die Gestalt des Sehfeldes an, ob identische, correspondirende Punkte und Deckpunkte zusammenfallen oder nicht. Nun haben wir gesehen, dass die Form des Seh-

feldes an und für sich eine unbestimmte ist und erst durch die Bewegungen des Blicks, also durch die successiven Verschiebungen im Blickfelde, eine bestimmte wird. Darum kommt, wo andere Bestimmungsgründe fehlen, das Sehfeld überein mit dem kugelförmigen Blickfeld. Dieses ist für das Doppelauge ebenfalls eine einzige Hohlkugelfläche, nämlich diejenige, welche der gemeinsame Blickpunkt in paralleler oder in einer beliebigen andern Augenstellung mit constant bleibendem Convergenzgrad durchwandern kann. Der Mittelpunkt dieser Kugelfläche ist der Halbirungspunkt der Geraden, welche die Drehpunkte beider Augen verbindet. In der That bestimmt, wie wir unten sehen werden, das Doppelauge im allgemeinen von diesem Punkte aus, die Richtung der Gegenstände (vergl. Fig. 138 S. 608). Wo dagegen Objecte von beliebiger Form sich im Sehfeld befinden, welche successiv bei wechselnder Convergenz fixirt werden müssen, da construirt sich das Doppelauge sein Sehfeld theils mittelst der wirklichen Wanderungen des Blicks, theils mittelst der Innervationsgefühle, die aus dem Antrieb zur Bewegung entspringen, den jeder Lichteindruck mit sich führt (S. 582). Demgemäss geben wir denn dem binocularen Sehfeld in der Regel annähernd diejenige Form, welche die gesehenen Gegenstände wirklich im Verhältniss zu unserm

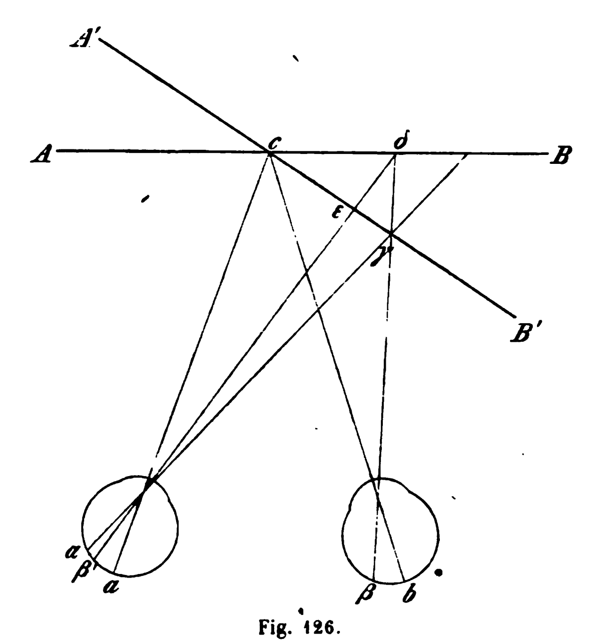


Fig. 126.

Sehorgan besitzen. Denken wir uns nun nach dem Sehfelde Visirlinien gezogen, so treffen je zwei, welche auf der Sehfeldfläche sich schneiden, mögen dieselben nun von identischen oder disparaten Netzhautpunkten aus-

gehen, dort einen Deckpunkt. Denn für jedes Auge gibt die Visirlinie diejenige Richtung an, in welcher ein Bildpunkt nach aussen verlegt wird, und das Sehfeld ist diejenige Oberfläche, auf welcher wir uns im äussern Raume die Lichteindrücke geordnet vorstellen[1]. Wenn demnach jene Richtungen im Sehfeld zusammentreffen, so müssen sich auch die Bildpunkte decken. Aber es ist natürlich nicht nothwendig, dass die sich schneidenden Visirlinien identischen Punkten angehören. Es sei z. B. (Fig. 126 das Sehfeld eine zur Visirebene senkrechte Ebene *A B*, und die Gesichtslinien *a c*, *b c* seien auf den Blickpunkt *c* eingestellt. Es ist dann der Punkt γ ein identischer Punkt des äussern Raumes, denn in ihm endigen die Visirlinien identischer Netzhautpunkte α, β. Dagegen ist der Punkt δ ein Deckpunkt im Sehfeld; in ihm schneiden sich aber zwei Visirlinien, die von disparaten Punkten β, β' ausgehen. Geben wir jetzt dem Sehfeld die Lage *A' B'*, so wird der Punkt γ ein identischer und zugleich ein Deckpunkt. Ebenso wie durch Veränderungen in der Lage oder Form des Sehfeldes kann aber natürlich auch durch veränderte Augenstellung das Verhältniss der Deckpunkte zu den identischen Punkten wechseln.

Da die Visirlinien, namentlich bei entfernteren Objecten, von den Richtungsstrahlen nicht merklich verschieden sind, so sind die Deckpunkte im Sehfeld dann zugleich Objectpunkte, wenn das Sehfeld dieselbe Form hat, welche die dem Sehenden zugekehrte Oberfläche der Objecte darbietet. Es wurde oben bemerkt, dass dies im allgemeinen zwar der Fall ist, und desshalb sieht eben das Doppelauge im allgemeinen nicht doppelt sondern einfach. Aber dies schliesst zahlreiche Ungenauigkeiten im einzelnen nicht aus, ja unter Umständen, wenn die gewöhnlichen Hülfsmittel versagen, können wir vollständig über das Lageverhältniss der Gegenstände getäuscht werden. Fällt nun unser subjectiv erzeugtes Sehfeld mit der objectiv gegebenen Oberfläche der Objecte nicht zusammen, so schneiden sich natürlich in irgend einem Punkte desselben im allgemeinen nur noch solche Visirlinien, die verschiedenen Objectpunkten angehören. Es sei z. B. die Ebene *A' B'* (Fig. 126) unser Sehfeld, die Oberfläche der Objecte sei aber die Ebene *A B*, so entsprechen dem Objectpunkte δ zwei Punkte γ und ε im Sehfeld. In solchen Fällen wird dann in der That ein in Wirklichkeit einfacher Punkt doppelt gesehen. Nennen wir das Sehfeld in der bisher festgehaltenen Bedeutung, also diejenige Form desselben, die wir uns in Folge der Blickbewegungen und Innervationsgefühle vorstellen, das subjective Sehfeld, und bezeichnen wir zum Unterschiede davon die wirkliche Form der uns zugekehrten Oberfläche der Gegenstände als das objective Sehfeld, so lässt sich die Regel aufstellen: Wir se-

[1] Seite 582.

hen einfach, sobald das objective mit dem subjectiven Sehfeld übereinstimmt; diejenigen Punkte des objectiven Sehfeldes aber erscheinen uns doppelt, welche nicht in dem subjectiven Sehfeld gelegen sind.

Das gewöhnlichste Mittel, das subjective übereinstimmend mit dem objectiven Sehfeld zu gestalten, wenn die unmittelbaren Innervationsgefühle nicht ausreichen, besteht in der successiven binocularen Fixation verschiedener Punkte, wo wir dann das Zwischenliegende in annähernder Richtigkeit zur vollständigen Form ergänzen. Wenn das objective Sehfeld eine sehr verwickelte Form hat, so können daher einzelne Theile desselben dem ruhenden Auge doppelt erscheinen, dann aber durch einige Blickbewegungen leicht in eine einfache Vorstellung vereinigt werden, welche nun auch für den ruhenden Blick einfach bleibt. Dagegen tritt regelmässig Doppelsehen ein, wenn man einen Blickpunkt wählt, der von den übrigen Punkten des Sehfeldes vollständig getrennt ist, also vor oder hinter denselben liegt, ohne mit ihnen durch eine Fixationslinie verbunden zu sein. Befindet sich z. B. ein Object in a (Fig. 127), und sind die beiden Gesichtslinien auf den ferner liegenden Punkt b eingestellt, so sieht man bei a_1 und a_2 Doppelbilder des Punktes a, davon gehört a_1 dem Auge r, a_2 dem Auge l an, wie man sich dadurch überzeugen kann, dass, wenn r geschlossen wird, a_1, wenn l geschlossen wird, a_2 verschwindet. Die Doppelbilder sind also in diesem Fall gleichseitig. Ist das Auge auf den näher liegenden Punkt c eingestellt, so werden wieder statt des Objectes a Doppelbilder a_1 und a_2 gesehen: jetzt gehört aber a_2 dem Auge r, a_1 dem Auge l an, wie man abermals durch abwechselndes Schliessen derselben erkennt. Nun sind also die Doppelbilder ungleichseitige oder gekreuzte. In allen diesen Fällen werden nicht, wie man früher zuweilen angenommen hat, die Doppelbilder in die Entfernung des Blickpunktes b oder c verlegt, sondern sie werden ungefähr in derselben Entfernung gesehen, in welcher sich das Object a befindet.

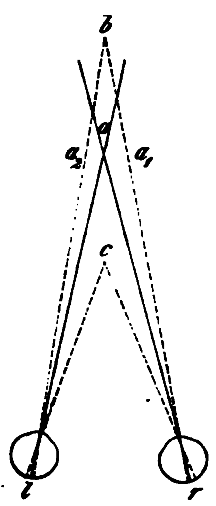


Fig. 127.

Man hat also offenbar von der Lage des Objects a eine annähernd richtige Vorstellung. Solche mag in einzelnen Fällen dadurch gewonnen werden, dass wir uns durch vorangegangene Blickbewegungen von der wirklichen Lage des Objects a überzeugen. Aber dies kann nicht die entscheidende Ursache sein, wie aus folgenden Beobachtungen hervorgeht. Wenn man im dunkeln Raum einen kleinen Lichtpunkt anbringt, der als Fixationszeichen dient und dann bald vor bald hinter denselben ein Object hält,

welches durch einen momentanen elektrischen Funken erleuchtet wird, so erscheint während dieser Beleuchtung das Object in Doppelbildern. Aber, obgleich Augenbewegungen bei der kurzen Dauer der Beleuchtung ausgeschlossen sind, erkennen wir doch deutlich, ob sich das doppelt gesehene Object vor oder hinter dem Blickpunkte befindet[1]. Noch einfacher zeigt das nämliche der folgende von Hering angegebene Versuch[2]. Man stelle, indem man mit beiden Augen durch eine Röhre sieht, welche die Wahrnehmung der seitlich gelegenen Objecte verhindert, auf einen bestimmten Fixationspunkt ein und lasse nun durch einen Gehülfen bald vor bald hinter demselben ein Kügelchen durch das Sehfeld werfen. Auch hier sind bei der Raschheit des Falls Augenbewegungen nicht wohl anzunehmen; trotzdem erkennt man deutlich, ob das Kügelchen vor oder hinter dem Fixationspunkte herabfällt, und man hat sogar eine annähernde, wenn auch ziemlich ungenaue Vorstellung von der absoluten Entfernung desselben. Dies bestätigt die früher hervorgehobene Erfahrung, dass wir von der Anordnung der Objecte im Sehfeld eine ziemlich richtige Vorstellung besitzen, ohne dass wir uns dieselbe durch Wandern des Blicks verschaffen müssten. Anderseits sind aber diese Beobachtungen nur Variationen der uns ganz geläufigen Thatsache, dass, wenn Objecte in unserm Sehbereich auftauchen, wir in jedem Moment genau wissen, in welcher Richtung wir unsere Augen bewegen müssen, um sie fixirend auf dieselben einzustellen, eine Kenntniss, die aus der Beziehung der Lichteindrücke zu den Innervationsgefühlen des Auges abgeleitet werden kann.

Wenn nun in den vorhin beschriebenen Versuchen den Doppelbildern ungefähr diejenige Entfernung angewiesen wird, welche dem ihnen entsprechenden Object wirklich zukommt, so liegt es nahe zu fragen, warum wir denn überhaupt doppelt sehen, da doch nach dem oben aufgestellten Satze nur dann Objecte doppelt gesehen werden können, wenn das subjective Sehfeld mit dem objectiven nicht übereinstimmt, d. h. also wenn der Eindruck falsch localisirt wird. Auf diese Frage geben folgende Beobachtungen einige Auskunft. Man stelle (Fig. 128) beide Augen auf ein vertical gehaltenes Fixationsobject *a b* (z. B. eine Nadel) ein, so dass *e c* die Richtung der beiden Gesichtslinien ist. Dann bringe man nahe vor *a b* ein zweites ähnliches Fixationsobject *a' b'*. Man sieht jetzt *a b* einfach, *a' b'* aber in Doppelbildern. Hierauf entferne man *a' b'* und gebe *a b* eine geneigte Lage, so dass *a* an die Stelle vom *b'* kommt. Es müsste nun, wenn fortan der Punkt *c* fixirt wird, *a*, ebenso wie vorhin

[1] Donders, Archiv f. Ophthalmologie XVII, 2. S. 17. Van der Meulen, ebend. XIX, 1. S. 105.

[2] Hering, Du Bois-Reymond's und Reichert's Archiv 1865 S. 153. Van der Meulen a. a. O.

b, doppelt gesehen werden. Man bemerkt aber, falls man nur die Tiefendistanz *c b'* nicht zu gross nimmt, dass es in diesem Fall ausnehmend schwer wird den Punkt *a* wirklich doppelt zu sehen. Dies gelingt nur bei längere Zeit festgehaltener starrer Fixation auf Augenblicke, dagegen erscheint das Object ebensowohl bei wanderndem Blick als bei momentaner Betrachtung einfach; zugleich fasst man immer deutlich seine geneigte Lage auf. Man zeichne ferner vier Quadrate wie in Fig. 129 *A* und stelle beide Augen auf die zwei Mittelpunkte der kleinen Quadrate ein, so dass dieselben dauernd einfach gesehen werden[1]. Es verschmelzen dann die mittleren Quadrate vollständig zu einer Vorstellung, denn der Effect ist hier derselbe, als wenn man binocular ein einziges Quadrat fixirte, das

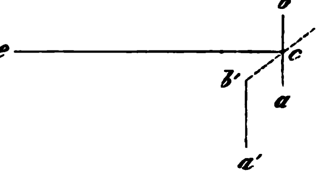


Fig. 128.

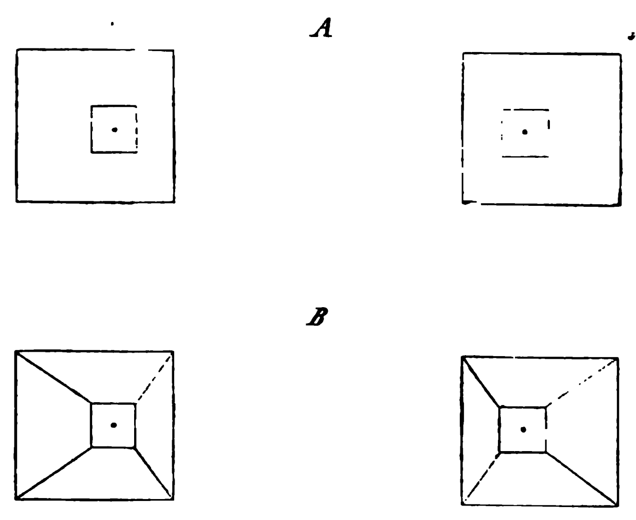


Fig. 129.

im Convergenzpunkt der beiden Gesichtslinien liegt. Die grösseren Quadrate sieht man aber nicht einfach sondern doppelt. Jetzt verbinde man, wie es in Fig. 129 *B* geschehen ist, die Eckpunkte eines jeden der kleinen Quadrate mit den ähnlich liegenden des grösseren und fixire wiederum die Mittelpunkte. Nun erscheint plötzlich die ganze Figur einfach: sie gibt das

[1]) Es ist zweckmässig diese Punkte anzubringen, weil dieselben ein Hülfsmittel abgeben, um zu entscheiden, ob der Blick vollkommen unbewegt bleibt. Sobald die Fixation nicht sicher ist, sieht man nämlich die Punkte plötzlich in Doppelbildern, die ebenso rasch wieder verschmelzen.

körperliche Bild einer abgestumpften Pyramide; die kleinen Quadrate gehören der dem Beschauer zugekehrten abgestumpften Spitze, die seitlichen der von ihm abgekehrten Grundfläche an. Zuweilen kommt es allerdings auch in diesem Falle vor, dass die grösseren Quadrate samt den sie mit den kleineren verbindenden Linien doppelt gesehen werden; dann verschwindet aber immer auch zugleich der vorige Eindruck der körperlichen Ausdehnung der Figur. Dieser wird in solchen Fällen leicht durch Blickbewegungen entlang den Verbindungslinien wieder wachgerufen. Fixirt man in umgekehrter Weise, indem man den imaginären Blickpunkt vor die Ebene der Zeichnung verlegt und das rechte Auge auf den rechts gelegenen Punkt einstellt, so scheint in Fig. 129 *A* das einfach gesehene kleine Quadrat etwas über der Ebene der Zeichnung zu schweben, entsprechend der nahen Convergenzstellung; in Fig. 129 *B* aber gibt das grosse Quadrat das Bild der dem Auge näheren Fläche: es entsteht daher der Eindruck einer Hohlpyramide, deren Grundfläche dem Beschauer zugekehrt ist. Wer in der willkürlichen Fixation getrennter Punkte mit beiden Augen nicht geübt ist, wird leicht durch Einlegen der Zeichnung in ein gewöhnliches Prismenstereoskop die erste Form der körperlichen Wahrnehmung erzeugen; die zweite lässt sich herstellen, wenn man die Zeichnung auseinander scheidet und dann die beiden Hälften derselben mit einander vertauscht.

Diese Beobachtungen zeigen, dass bei der Gestaltung des Sehfeldes den Fixationslinien eine wesentliche Bedeutung zukommt. Sobald sich in dem objectiven Sehfeld von einander getrennte Punkte befinden, orientiren wir uns über das gegenseitige Lageverhältniss derselben vorzugsweise mittelst der Contouren, durch welche sie verbunden sind. Wenn uns solche fehlen, haben wir zwar ein gewisses Gefühl für ihre grössere oder geringere Entfernung, aber bestimmter wird die Vorstellung erst durch die Fixationslinien, auf welchen sich der Blickpunkt hin- und herbewegen kann. Dabei fällt das subjective mit dem objectiven Sehfeld dann am vollständigsten zusammen, wenn solche Bewegungen in der That vollzogen werden. Doch wirkt schon das blosse Vorhandensein der Linien in demselben Sinne. Auch von der Thatsache, dass unsere Vorstellung über die Entfernung von Objecten, die von einander getrennt im Sehfelde vertheilt sind, eine sehr mangelhafte ist, kann man sich leicht überzeugen. In dem Versuch der Fig. 128 hat man zwar in der Regel die Vorstellung, dass der Stab *a' b'* näher als *a b* sich befindet, aber man unterschätzt stets die Distanz beider, wie man alsbald sieht, wenn *a b* in die durch die punktirte Linie angedeutete geneigte Lage gebracht wird, wo nun plötzlich diese Distanz merklich vergrössert erscheint. Bei den Doppelbilderversuchen in Fig. 127 (S. 589) bemerkt man die nämliche Erscheinung, wenn man abwechselnd auf den

näheren und auf den ferneren Punkt einstellt. Dabei scheinen sich nämlich die Doppelbilder, während sie bei der Aenderung der Convergenz einander näher treten, immer gleichzeitig von dem vorher festgehaltenen Fixationspunkte zu entfernen. Der scheinbare Ort der Doppelbilder nähert sich daher auch um so mehr dem Blickpunkte, je mehr der Blick festgehalten wird, und bei vollkommen starrer Fixation kann wirklich die Täuschung entstehen, als wenn er sich in gleicher Entfernung befände. Uebrigens

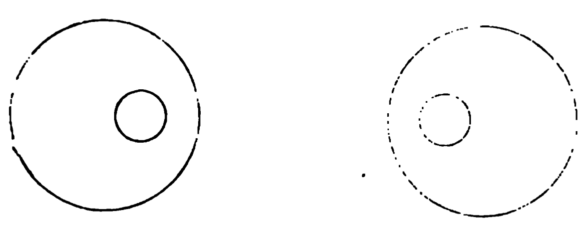


Fig. 130.

spielt in allen diesen Fällen der Umstand, ob die Netzhautbilder bereits geläufigen Vorstellungen entsprechen, eine wesentliche Rolle. So wird es nicht schwer, die Fig. 130 bei der Fixation der kleineren Kreise zur Vorstellung eines abgestumpften Kegels zu combiniren, obgleich keine Fixationslinien zwischen den kleineren und den grösseren Kreisen vorhanden sind. Hierbei kommt uns zu statten, dass eine wirkliche Form dieser Art in der That keine fest bestimmten Fixationslinien besitzt, während an einer abgestumpften Pyramide, wie sie der Fig. 129 entspricht, solche zwischen den Ecken der Basis und der Spitze existiren müssen. Die Vorstellung, die wir bei der Fixation irgend eines Punktes von dem Lageverhältniss aller andern Punkte im Sehfelde haben, ist somit an und für sich nur insoweit bestimmt, als sie durch die Kenntniss der Richtung, in welcher der Blickpunkt bewegt werden muss, um sich auf sie einzustellen, gegeben ist. Mit andern Worten: wir wissen im allgemeinen, wohin wir den Blick wenden müssen, um ein Object zu fixiren; wir wissen aber nicht, um wie viel wir ihn drehen müssen. Dies wird begreiflich, wenn wir erwägen, dass eine genaue Lagebestimmung des Augapfels wahrscheinlich auf keine andere Weise zu Stande kommen wird als die Lagebestimmung unserer tastenden Glieder, nämlich unter Mithülfe jener Empfindungen, welche bei der wirklichen Bewegung durch die Pressungen der Theile und andere peripherische Sinnesempfindungen entstehen. Die Innervationsgefühle sind nun zwar, je nach der Richtung, in welcher der Antrieb zur Bewegung wirkt, mit den von früheren Bewegungen zurückgebliebenen Residuen jener Empfindungen associirt[1]. Aber hierdurch kann

[1] Vergl. Cap. XII, S. 484.

eben nur die Richtung, in welcher die Bewegung geschehen soll, nicht der Umfang derselben bekannt werden. Letzteres wird erst dann möglich, wenn die in verschiedenen Entfernungen gelegenen Punkte durch eine Fixationslinie mit einander verbunden sind, wo dann jeder Punkt dieser Linie einen selbständigen Antrieb zur Bewegung mit sich bringt, so dass, indem von Punkt zu Punkt der Innervation ihre Richtung gegeben ist, damit auch von selbst derselben ihr Umfang vorgezeichnet wird.

Auch die Verbindung der gesehenen Objecte durch Fixationslinien gibt jedoch nur unter bestimmten Bedingungen eine Gewähr dafür, dass das subjective mit dem objectiven Sehfelde übereinstimmt. Als erste Bedingung ergibt sich hier die, dass die Entfernungsunterschiede der gesehenen Punkte nicht allzu gross seien. Wenn man in dem Versuch der Fig. 128 den Stab *a b* und die Distanz der Punkte *c* und *b'* ziemlich gross wählt, so wird der Stab in der geneigten Lage nicht mehr vollständig einfach gesehen, sondern sein vorderes Ende weicht in Doppelbildern aus einander. Selbst wenn die Fixationslinien von geringerer Ausdehnung sind, kann aber Doppelsehen eintreten, sobald man einen Punkt des Objectes starr fixirt. Auf diese Weise können selbst einzelne Theile körperlicher Objecte, namentlich wenn ihre Tiefenentfernung in Bezug auf den fixirten Punkt erheblich ist, doppelt erscheinen; ebenso gelingt dies an gewöhnlichen stereoskopischen Objecten, besonders an solchen von einfacherer Form, in welchen nur die Hauptcontouren gezeichnet sind, während es in dem Maasse schwerer wird, als, wie z. B. an stereoskopischen Landschaften oder Gruppenbildern, die Zahl der Fixationslinien und der sonst die Tiefenanschauung unterstützenden Hülfsmittel, wie Schattirung, Perspektive u. s. w. zunimmt. Sobald aber die nicht fixirten Theile des körperlichen Gegenstandes doppelt gesehen werden, wird regelmässig auch die körperliche Vorstellung zerstört. Das ähnliche bemerkt man, wenn ein geneigt gehaltener Stab von dem fixirten Punkte an zu Doppelbildern divergirt. Man sieht dann zwar in der Regel noch, welche Theile des Doppelbildes näher, und welche entfernter liegen als der Fixationspunkt, aber eine bestimmte Vorstellung über die Tiefenausdehnung des Stabes fehlt ganz und gar. Man überzeugt sich davon am besten, wenn man den Stab eben noch kurz genug nimmt, damit eine Vereinigung möglich ist, und dann abwechselnd durch starre Fixation Doppelbilder hervorbringt und durch rasche Blickbewegungen dieselben wieder vereinigt. Diese Versuche beweisen also nichts gegen die Allgemeingültigkeit des Satzes, dass die Objecte immer dann einfach gesehen werden, wenn das subjective mit dem objectiven Sehfeld übereinstimmt. Denn das Doppelsehen erfolgt immer in dem Momente, wo beide nicht mehr zusammenfallen. Wohl aber weisen die angeführten Beobachtungen darauf hin, dass der übereinstimmenden Auf-

fassung jener beiden Sehfelder Schwierigkeiten entgegenstehen, welche in constant wirkenden Bedingungen ihre Ursache haben müssen.

Wir können die Umstände, welche die richtige Auffassung des objectiven Sehfeldes erschweren, in folgenden Satz zusammenfassen, aus dem sich alle mitgetheilten Erfahrungen vollständig ableiten lassen: Die Erregung solcher Netzhautpunkte, welche in der grossen Mehrzahl der Fälle übereinstimmenden Objectpunkten entsprechen, erzeugt leichter eine einfache Vorstellung als die Erregung solcher Netzhautpunkte, bei denen eine übereinstimmende Beziehung dieser Art selten er eintritt. Wo bestimmte Motive zur Localisation der auf beiden Netzhäuten entworfenen Bilder fehlen, da localisiren wir dieselben nach dieser Regel der häufigsten Verbindung. Die Existenz einer solchen Regel folgt schon daraus, dass wir, wo specielle Gründe zur besonderen Gestaltung des Sehfeldes mangeln, letzterem dennoch eine bestimmte, und zwar eine allgemein übereinstimmende Form geben. Diese Form ist es eben, welche als die häufigste den wechselnderen Gestaltungen des subjectiven Sehfeldes gegenübertritt. Zunächst werden wir immer geneigt sein, für das Sehfeld jene allgemeinste Form anzunehmen, welche uns theils durch die eigenen Bewegungsgesetze des Auges, theils durch die gewöhnlichen Verhältnisse der äusseren Eindrücke geläufig ist; erst in zweiter Linie werden die besondern Gründe wirken, welche das Sehfeld anders gestalten. Aus den variabeln Beziehungen der einzelnen Netzhautstellen beider Augen zu einander müssen sich daher die constanteren aussondern. Diese häufigste Verbindung der binocularen Netzhauteindrücke ist nur die innigste unter einer Reihe von Verbindungen, welche verschiedene Grade der Stärke besitzen. Denn es ist auch beim stereoskopischen Sehen viel leichter eine geläufige körperliche Form aufzufassen als eine solche, die neue Anforderungen an unsere Vorstellung macht. Die Thatsache, dass eine constantere Beziehung existirt, steht also mit der anderen, dass im allgemeinen die Verbindung der doppeläugigen Eindrücke variabel ist, durchaus nicht im Widerspruch. Wohl aber können sich dadurch, dass die constantere Verbindung vorübergehend in Conflict geräth mit den Bedingungen, welche die einzelne Wahrnehmung mit sich führt, Widersprüche im Sehen selber entwickeln. Solche existiren thatsächlich. Sie äussern sich in einem Kampf zwischen Doppelt- und Einfachsehen, der überall da zur Erscheinung kommen kann, wo das objective Sehfeld sehr ungewöhnliche Formen darbietet, oder wo durch starre Fixation die genauere Auffassung des Lageverhältnisses der Gegenstände beeinträchtigt wird.

Einen überzeugenden Beleg für die hier entwickelte Auffassung, wonach sich eine gewisse constantere Zuordnung aus variableren Verbindungen entwickelt hat, nicht, wie man gewöhnlich annimmt, die letzteren als Aus-

nahmefälle zu der ersteren hinzugetreten sind, bieten die Erscheinungen des concomitirenden Schielens. Mit Rücksicht auf ihre Ursachen kann man zwei Formen pathologischer Abweichung der Augenstellungen unterscheiden. Die eine, das paralytische Schielen, entspringt aus der vollständigen oder theilweisen Innervationslähmung eines oder mehrerer Augenmuskeln; die zweite, das concomitirende Schielen, hat ihren Grund in der abnormen Verkürzung von Augenmuskeln bei normaler Innervation. In den Fällen des paralytischen Schielens beobachtet man Erscheinungen, welche sich aus den die Augenmuskellähmungen begleitenden Störungen der Localisation ergeben[1]. Ein Auge z. B., das an Parese des äussern geraden Augenmuskels leidet, stellt sich, wenn es einen Punkt fixiren soll, in Wirklichkeit nicht auf denselben ein, sondern, da es die Auswärtswendung überschätzt, so wird die Gesichtslinie nach innen von dem Punkte abgelenkt, auf welchen die Gesichtslinie des andern normalen Auges richtig eingestellt ist. Nach seinem Innervationsgefühl glaubt der Schielende, er habe auch dem paretischen Auge die richtige Stellung gegeben. Da nun aber dieses hierbei einen Blickpunkt hat, der weiter nach innen liegt als der des normalen Auges, so muss von ihm der letztere Punkt um denselben Betrag zu weit nach aussen verlegt werden: es erscheinen also Doppelbilder, deren Distanz dem Aberrationswinkel des schielenden Auges entspricht. Dieser Winkel wechselt bei verschiedenen Augenstellungen, indem er mit wachsender Convergenz zunimmt; hierin liegt wohl die Ursache, dass sich in solchen Fällen eine neue feste Beziehung der binocularen Netzhauteindrücke nicht ausbilden kann, sondern höchstens in Folge eintretender Gesichtsschwäche auf dem schielenden Auge das Einfachsehen als monoculares sich herstellt. Anders ist dies beim concomitirenden Schielen[2]. Hier behält der Winkel, um welchen die Gesichtslinie des schielenden Auges von der richtigen Stellung abweicht, immer die nämliche Grösse, da die gemeinsame Innervation des Doppelauges nicht gestört ist. Auch in diesen Fällen kommt es vor, dass das eine Halbbild in Folge zu geringer Sehschärfe des betreffenden Auges vernachlässigt wird. Meistens aber wird bald das eine bald das andere Auge zum Fixiren benützt. Trotzdem werden die Objecte in der Regel nicht doppelt sondern einfach gesehen. Dass solches nicht von Vernachlässigung des einen Halbbildes herrührt, kann man durch ablenkende Prismen leicht nachweisen, indem diese alsbald Doppelbilder hervortreten lassen. Es muss also hier das Netzhautcentrum des einen Auges demjenigen Punkt der Netzhaut des andern Auges, auf welchem der nämliche Object-

[1] Vergl. ALFR. GRAEFE, Archiv f. Ophthalmologie XI, 2. S. 1. Ueber die Störungen der Localisation bei Parese der Augenmuskeln siehe oben S. 552.

[2] NAGEL, das Sehen mit zwei Augen S. 130. ALFR. GRAEFE a. a. O. S. 17.

punkt sich abbildet, in constanterer Weise zugeordnet, und entsprechend müssen dann die übrigen einander zugeordneten Netzhautpunkte verschoben sein. In der That treten denn auch, wenn durch eine Operation den Augen ihre normale Stellung gegeben wird, eine Zeit lang ausserordentlich störende Doppelbilder auf, welche nur allmälig verschwinden, sei es weil das eine Halbbild vernachlässigt wird, sei es weil abermals eine neue Zuordnung der binocularen Netzhautstellen sich herstellt.

Wohl ebenso sehr wie diese pathologischen Fälle spricht aber die Art und Weise, wie im normalen Auge die constanter zugeordneten Stellen gelagert sind, für eine Entwicklung aus variableren Verbindungsverhältnissen. Es liegen nämlich diese Stellen in den meisten Augen nicht, wie man lange Zeit vorausgesetzt hat, vollkommen symmetrisch zur Medianebene des Körpers, sondern sie zeigen Abweichungen, welche darauf hindeuten, dass jene Form des subjectiven Sehfeldes, welche als die weitaus häufigste angesehen werden muss, auf die Lagerung der correspondirenden Stellen von bestimmendem Einflusse ist. Es wurde früher bemerkt, dass dasjenige Sehfeld, welches wir uns beim Mangel aller äusseren Bestimmungsmomente construiren, eine Kugelfläche sei, welche um den Drehpunkt des Auges oder, bei binocularem Sehen, um den Mittelpunkt der Verbindungslinie beider Drehpunkte gelegt ist[1]. Dieser Kugelfläche entspricht aber das gewöhnliche Sehfeld, wie wir jene häufigste Form desselben nennen wollen, nur in seiner oberen Hälfte, in seiner unteren wird es durch die Bodenfläche bestimmt, als deren normale Form wir eine horizontale Ebene betrachten können. Wenigstens für unsere nächste Umgebung trifft letzteres in weitaus der Mehrzahl der Fälle zu. Am Horizont scheint uns das Himmelsgewölbe, welches wir als Hohlkugelform sehen, plötzlich ein Ende zu haben und in die ebene Bodenfläche überzugehen. Da wir den Blick um so mehr heben müssen, je fernere Punkte der letzteren wir fixiren, so erscheint sie uns zugleich nicht horizontal oder etwa gar im Sinne der Erdkrümmung gewölbt, sondern als eine von unsern Füssen bis zum Horizont stetig ansteigende Ebene, wie dies in Fig. 131 übertrieben gezeichnet ist, wo $o\,c$ die Richtung der horizontalen Visirebene, $a\,b$ die wirkliche horizontale Bodenebene und $a\,c$ die scheinbare Neigung der letzteren bedeuten. Endlich erscheint uns

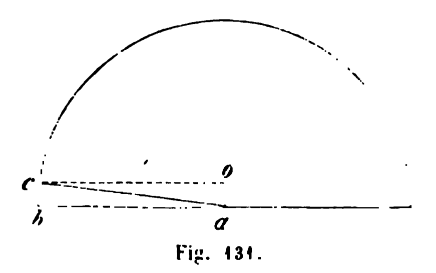


Fig. 131.

[1] Vergl. S. 547.

das Himmelsgewölbe selbst nicht vollkommen kugelförmig gewölbt sondern flacher, da wir wegen der vielen Fixationspunkte, die zwischen unserm Standpunkt und dem Horizont gelegen sind, den letzteren für ferner halten als den Zenith [1]. Wenn wir also bei paralleler Augenstellung in unendliche Ferne sehen, so nähert sich nur der obere Theil unseres Sehfeldes einer mit sehr grossem Radius beschriebenen Kugelfläche, und kann demnach für die nächste Umgebung des Blickpunktes als eine Ebene angesehen werden, die auf der horizontalen Visirebene senkrecht steht. Der untere Theil dagegen ist eine geneigte Ebene, welche in der Nähe unseres Fusspunktes von der horizontalen Bodenebene nicht mehr merklich verschieden ist. Demnach bilden denn auch, wenn wir auf ebenem Boden stehend in unendliche Ferne blicken, nur die oberen Theile des Sehfeldes auf identischen Punkten beider Netzhäute sich ab, für die unteren Theile ist dies aber nicht der Fall, oder, wie wir uns wegen der optischen Umkehrung der Bilder auch ausdrücken können: nur die unteren Theile der beiden Netzhautbilder fallen auf identische Stellen, die oberen weichen um so mehr davon ab, je näheren Theilen des Sehfeldes sie entsprechen. In der That macht es nun, wie Helmholtz [2] bemerkt hat, die Beobachtung sehr wahrscheinlich, dass diese Form des gewöhnlichen Sehfeldes die wechselseitige Zuordnung der correspondirenden Stellen bestimmt. Denken wir uns auf dem Fussboden in der Medianebene unseres Körpers eine gerade Linie gezogen, so liegen die Bilder derselben nicht auf identischen Stellen, sie schneiden nicht einander parallel die Netzhautcentren, sondern sie convergiren nach oben. Würden also nur die Eindrücke identischer Punkte einfach empfunden, so müsste eine solche Linie wegen der Umkehrung der Bilder in nach oben divergirenden Doppelbildern erscheinen. Dasselbe müsste mit allen andern Linien, die der vorigen parallel gezogen werden können, also mit der ganzen Fussbodenebene, der Fall sein. Dass dies nicht geschieht, sondern dass wir den Boden zu unsern Füssen im allgemeinen einfach sehen, beweist nun allerdings noch keine Correspondenz jener Netzhautstellen, auf welchen derselbe sich abbildet, sondern diese könnten auch blosse Deckstellen im Sinne der gewöhnlichen variablen Zuordnung sein. Doch hier sind nun die früher (S. 561) hervorgehobenen Täuschungen über die Richtung verticaler Linien offenbar von Bedeutung. Wir sahen nämlich, dass jedem Auge einzeln eine Linie vertical erscheint, welche in Wirklichkeit mit ihrem oberen Ende etwas nach aussen geneigt ist, Täuschungen, die erst bei binocularer Be-

[1] Smith bemerkt, dass Sterne, die nur 23° vom Horizont entfernt sind, in der Mitte zwischen Horizont und Zenith zu liegen scheinen. Smith, Lehrbegriff der Optik, übers. von Kaestner. Altenburg 1755, S. 56.

[2] Physiologische Optik S. 715.

trachtung sich ausgleichen. Die Neigung, welche eine solche scheinbar verticale Linie in ihrem Netzhautbilde hat, ist aber häufig nicht nur dem Sinne sondern auch der Grösse nach ungefähr dieselbe, wie sie dem Bild jener auf dem Fussboden gezogenen Linie entspricht. Wir haben allerdings bemerkt, dass die Neigung der scheinbar verticalen Linien höchst wahrscheinlich von der Vertheilung der Muskelkräfte am Auge herrührt (S. 562). Aber dieser Erklärung widerstreitet es durchaus nicht, wenn ein weiterer Zusammenhang mit der Form des gewöhnlichen Sehfeldes existirt. Vielmehr liegt hierin nur eine fernere Bestätigung des Satzes, dass die Innervation und die Mechanik der Augenmuskeln angepasst sind den Bedürfnissen des Sehens. Wenn wir nach den Gründen für eine solche Anpassung suchen, so werden wir annehmen können, in der Entwicklung der Art seien die Bedürfnisse des Sehens, wie sie sich allmälig durch die Vereinigung der beiden Augen zum Doppelauge herausgebildet haben, ursprünglich bestimmend gewesen, während wir bei der individuellen Entwicklung wieder die Mechanik des Auges als das frühere ansehen müssen. Hiermit ist zugleich auf die Frage, wie sich aus den wechselnden Verbindungen verschiedener Deckpunkte die correspondirenden Punkte als bevorzugte Verbindungen entwickelt haben, die Antwort gefunden. Wir sehen eine Gerade auf dem ebenen Fussboden nur desshalb vorzugsweise leicht einfach, weil beide Augen vermöge des bestimmenden Einflusses der Innervation auf die räumliche Auffassung ihr eine identische Richtung anweisen. Die Gesetze der Innervation mögen aber allerdings in der Entwicklung der Art unter der Leitung der Gesichtseindrücke sich ausgebildet haben. Durch diese Wendung sind die Schwierigkeiten vermieden, in die sich die empiristische Theorie verwickelt, welche alles aus der individuellen Anpassung des Auges erklären will. Dass auch der letzteren eine gewisse Bedeutung zukomme, soll darum nicht geleugnet werden; die vorhin besprochenen Erscheinungen beim concomitirenden Schielen deuten unmittelbar darauf hin. Aber gerade diese Erscheinungen zeigen, dass solche Anpassung Zeit braucht, während die grosse Geschwindigkeit, in welcher Menschen und Thiere das Sehen erlernen, nur aus ererbten Dispositionen begreiflich ist.

Nicht in allen Augen entspricht die Neigung der scheinbar verticalen Meridiane der monocularen Sehfelder der Lage der Fussbodenebene; zuweilen ist sie kleiner oder verschwindet völlig. Dies wird wohl begreiflich, wenn wir erwägen, dass das gewöhnliche Sehfeld sich aus zwei verschiedenen Bestandtheilen zusammensetzt, aus einer oberen Hälfte, welche eine Correspondenz der identischen Meridiane der Netzhaut, und aus einer unteren Hälfte, welche geneigte Meridiane verlangt. Es ist nun wohl denkbar, dass bald das eine bald das andere dieser Momente bei der Ausbildung des Sehorgans bestimmend gewesen ist. Eigentlich wäre

zu erwarten, die scheinbar verticalen Meridiane würden, entsprechend jener Verschiedenheit, im untern und obern Theil des monocularen Sehfeldes eine verschiedene Lage einnehmen. In der That scheint dies in einzelnen Fällen vorzukommen[1]. Meistens ist aber wohl die untere Hälfte des Sehfeldes vorzugsweise entscheidend, weil wir wegen der grösseren Nähe der Fussbodenebene die Richtung der auf ihr gezogenen Linien schärfer aufzufassen geneigt sind.

Wenn die Augen nicht in unendliche Ferne, sondern auf irgend ein näheres Object blicken, so verlieren die correspondirenden Punkte ihre unmittelbare Bedeutung für das Sehen. Nichts desto weniger ist es klar, dass ihnen auch hier noch vermöge ihrer häufigeren Verbindung ein gewisser Einfluss zukommen kann. In allen Fällen nämlich, wo bestimmte Deckpunkte des jeweiligen Sehfeldes zugleich correspondirende Punkte sind, wird die einfache Auffassung derselben und demgemäss auch ihre Lagebestimmung erleichtert sein, nach dem allgemeinen Gesetz, dass psychische Elemente sich um so leichter von neuem verbinden, je öfter sie schon verbunden gewesen sind[2]. Da die Macht dieses Einflusses, wie wir an den Doppelbilderscheinungen gesehen haben, so stark ist, dass sie den im objectiven Sehfeld gegebenen Antrieben unter Umständen zu widerstehen vermag, so wird nothwendig die Verbindung noch mehr erleichtert sein, wenn solche Antriebe hinzukommen. Den Inbegriff derjenigen Raumpunkte, deren Bild in beiden Augen auf correspondirende Stellen fällt, hat man nun den Horopter genannt. Die Bedeutung desselben für das Sehen wird sich nach dem obigen dahin feststellen lassen, dass alle Deckpunkte, die in den Horopter fallen, in Bezug auf ihre Verschmelzung begünstigt sind. Hiermit ist schon ausgedrückt, dass der Horopter nicht, wie es häufig geschehen ist, als der Inbegriff derjenigen Punkte aufgefasst werden darf, welche wirklich einfach gesehen werden. Die obige Bestimmung bedarf aber ausserdem noch einer weiteren Einschränkung. Eine reale Bedeutung für das Sehen haben nur diejenigen Theile des Horopters, die mit dem Fixationspunkt in unmittelbarem Zusammenhange stehen, demnach solchen Linien des Sehfelds angehören, die den Blickpunkt schneiden, nicht aber Theile, die etwa isolirt vom Blickpunkt in indirect gesehenen Gebieten des Sehfelds gelegen sind. Indirect gesehene Objecte werden nämlich an und für sich so ungenau wahrgenommen, dass selbst bedeutende Abweichungen der beiden Halbbilder nicht bemerkt werden, daher auch der Umstand, ob die Deckpunkte zugleich correspondirende Punkte sind, für solche stark seitlich gelegene Objecte

[1] Einen Fall dieser Art erwähnt Helmholtz, a. a. O. S. 276.
[2] Vergl. Cap. XIX.

nicht von Belang sein kann. Dies wird anders, wenn die indirect gesehenen Punkte zusammen eine Linie bilden, welche den Blickpunkt schneidet. In diesem Falle müssen sich nämlich, wenn sich der Blickpunkt entlang einer solchen Linie bewegt, die einzelnen Punkte derselben in einander verschieben. Wenn der Blickpunkt von einem Punkt *a* auf einen Punkt *b* einer derartigen Horopterlinie übergegangen ist, müssen nunmehr *a* und alle zwischen *a* und *b* gelegenen Punkte wieder im Horopter liegen, d. h. auf correspondirenden Stellen beider Netzhäute sich abbilden. Alle durch den Blickpunkt gezogenen Horopterlinien werden also in Bezug auf die binoculare Auffassung ihrer Richtung begünstigt sein. Denn bei ihrer Verfolgung mit dem Blick tritt für die binoculare Auffassung das nämliche ein was für die monoculare gemäss dem Listing'schen Gesetze bei den Bewegungen von der Primärlage aus geschieht. Wie hier alle geraden Linien, die im ebenen Sehfeld vom Blickpunkte aus verfolgt werden können, sich bei der Bewegung dergestalt in einander verschieben, dass sie sich fortwährend auf denselben Netzhautmeridianen abbilden[1], so wird dies für die Horopterlinien in Bezug auf beide Netzhäute der Fall sein. Ueber die Richtung solcher Linien werden wir uns daher beim binocularen Sehen am leichtesten und genauesten orientiren können.

Es gibt dreierlei Stellungen des Auges, bei welchen der Horopter eine Bedeutung für das Sehen im angegebenen Sinne beanspruchen kann. Diese sind: 1) die Fernstellung mit parallelen, gerade nach vorn gerichteten Gesichtslinien, 2) die Convergenzstellungen in der Primärlage und 3) die symmetrischen Convergenzstellungen in andern Lagen der Visirebene. Bei der Fernstellung des Auges, welche die Ausbildung der correspondirenden Punkte und damit den Horopter überhaupt bestimmt, ist der letztere eine Fläche, welche, wie wir oben gesehen haben, in der Regel der unteren, zuweilen aber auch der oberen Hälfte des gewöhnlichen Sehfeldes entspricht, also eine Ebene, welche entweder mit der Fussbodenebene zusammenfällt oder auf derselben senkrecht ist: in seltenen Fällen scheint sie sich ganz nach dem gewöhnlichen Sehfeld zu richten, also aus jenen beiden Ebenen zu bestehen. In allen anderen Augenstellungen ist der Horopter die Schnittlinie zweier Flächen, von denen man die eine den Verticalhoropter, die andere den Horizontalhoropter nennt. Um jede dieser Flächen zu finden, denke man sich auf der Netzhaut zwei Reihen von Linien gelegt, die einen parallel dem scheinbar verticalen Netzhautmeridian, die andern parallel dem Netzhauthorizont: die ersteren werden die verticalen, die zweiten die horizontalen Trennungslinien genannt. Den Verticalhoropter erhält man nun, wenn man durch die verticalen Trennungslinien beider Netzhäute und durch die Kreuzungspunkte der Visirlinien Ebenen legt: die Linie, in welcher sich diejenigen Ebenen schneiden, die je zwei correspondirenden Trennungslinien entsprechen, gehört der Verticalhoropterfläche an. Der Horizontalhoropter wird erhalten, wenn man durch die horizontalen Trennungs-

[1] Vergl. Fig. 109. S. 548.

linien und die Kreuzungspunkte der Visirlinien Ebenen legt: die Linie, in welcher sich jetzt die Ebenen zweier correspondirenden Trennungslinien schneiden, gehört dem Horizontalhoropter an. Befinden sich beide Augen in symmetrischer Convergenz von der Primärlage aus, so ist der Verticalhoropter eine Kegelfläche, welche durch die Kreuzungspunkte der Visirlinien geht. Wird die Abweichung der scheinbar verticalen Meridiane null, so wandelt sich dieser Kegel in einen auf der Visirebene senkrechten Cylinder um. Der Horizontalhoropter besteht aus zwei Ebenen, von denen die eine, die Schnittebene der beiden Netzhauthorizonte, mit der Visirebene zusammenfällt, die andere, welche alle Schnittlinien der übrigen horizontalen Trennungslinien enthält, die zur Visirebene senkrechte Medianebene ist. Totalhoropter ist daher in diesem Fall ein durch die beiden Kreuzungspunkte der Visirlinien in der Ebene der letzteren gelegter Kreis und eine in der Medianebene liegende Gerade, die den Fixationspunkt schneidet. Diese Gerade steht senkrecht zur Visirebene, wenn die correspondirenden mit den identischen Stellen zusammenfallen, d. h. wenn die Abweichung der scheinbar verticalen Trennungslinien null ist; sie ist zur Visirebene geneigt, wenn sich die Ausbildung der correspondirenden Punkte nach der Bodenebene gerichtet hat. In diesen Augenstellungen ist somit die binoculare Ausmessung horizontaler Linien sowie einer Medianlinie, die unter einem bestimmten, je nach der Lage der scheinbar verticalen Meridiane etwas wechselnden Winkel durch den Fixationspunkt gelegt ist, begünstigt. Die individuellen Schwankungen, die in letzterer Beziehung stattfinden, haben wahrscheinlich darin ihren Grund, dass bald die Bedeutung der Primärlage für die räumliche Ausmessung in der Ruhe betrachteter Gegenstände bald die Form des gewöhnlichen Sehfeldes, wie es beim Fernesehen sich feststellt, von grösserem Gewichte ist. Wo die Bedeutung der Primärstellung in den Vordergrund tritt, da wird sich ein solches Lageverhältniss der correspondirenden Punkte ausbilden, dass die senkrecht zur Visirebene im Blickpunkt errichtete Gerade auf correspondirende Meridiane fällt. Wo das Sehen in die Ferne überwiegt, da wird der Einfluss der Bodenebene bestimmender sein. So erklärt es sich, dass gerade bei Kurzsichtigen die Neigung der scheinbar verticalen Meridiane sehr klein ist oder völlig verschwindet. Convergiren die Blicklinien asymmetrisch von der Primärstellung aus, so wird dadurch der Verticalhoropter nicht verändert. Auch der Horizontalhoropter besteht wieder aus zwei Ebenen, von denen die eine mit der Visirebene zusammenfällt. Die zweite geht aber nicht mehr durch den Fixationspunkt, sondern liegt seitlich von demselben. Demgemäss ist denn auch Totalhoropter der in der Visirlinie gelegene Kreis, wie vorhin, und ausserdem eine Gerade, die entweder senkrecht zur Visirebene steht oder zu derselben geneigt ist, je nach der Lage der scheinbar verticalen Meridiane, immer aber seitlich vom Fixationspunkte liegt. Hiernach kann auch der letzteren Linie eine Bedeutung für die Ausmessung der Richtungen im Sehfeld nicht mehr zukommen: der physiologisch bedeutsame Horopter beschränkt sich also auf den durch die Kreuzungspunkte der Visirlinien gelegten Kreis, welcher die Ausmessung ausschliesslich jener Linien begünstigt, die in der Visirebene liegen. In solchen symmetrischen Convergenzstellungen endlich, in welchen die Visirebene von der Primärlage aus gehoben oder gesenkt ist, wird der Verticalhoropter wieder eine Kegelfläche, die je nach der Neigung, welche die verticalen Netzhautmeridiane erfahren haben, entweder unter oder über der Visirebene ihre Spitze hat. Der Horizontalhoropter besteht abermals aus zwei

Ebenen, von denen die eine wieder die Medianebene ist, die andere durch die Kreuzungspunkte der Visirlinien geht, aber nicht mit der Visirebene zusammenfällt, sondern zu derselben geneigt ist. Totalhoropter ist daher eine in der Medianebene durch den Fixationspunkt gehende Gerade und eine Kreislinie, welche diesmal nicht den Fixationspunkt sondern einen andern Punkt jener Geraden schneidet. Demnach ist der für das Sehen in Betracht kommende Theil des Horopters nur die in der Medianebene liegende Gerade. Wie also in den asymmetrischen Convergenzstelluugen von der Primärlage aus nur die Ausmessung von Linien in der Visirebene, so ist in den symmetrischen Convergenzstellungen ausserhalb der Primärlage die Ausmessung von Linien in der Medianebene begünstigt; allein in den symmetrischen Convergenzstellungen von der Primärlage aus sind beide zugleich bevorzugt. In diesen Verhältnissen liegt ausgedrückt, dass es zwei Hauptrichtungen des Sehens gibt, die den zwei Hauptrichtungen der Blickbewegung correspondiren. Bei der einen werden vorzugsweise gerade Linien in der Medianebene deutlich aufgefasst: hier wandert, wenn das Auge bewegt wird, der Blickpunkt innerhalb der Medianebene; bei festgehaltener symmetrischer Convergenz verändert sich also die Lage der Visirebene. Mit der letzteren wechselt dann zugleich die Richtung derjenigen Geraden, deren genaue Auffassung vorzugsweise begünstigt ist. In den Stellungen unterhalb der Primärlage ist dieselbe so zur Visirebene geneigt, dass ihr oberes Ende vom Sehenden abgekehrt ist; in den Stellungen oberhalb der Primärlage ist dasselbe im allgemeinen dem Sehenden zugekehrt. In der Primärlage selbst steht die begünstigte Medianlinie entweder senkrecht zur Visirebene, oder sie ist noch im selben Sinne wie bei den tieferen Lagen geneigt, so dass erst in einer etwas höheren Stellung die senkrechte Lage eintritt. Diese Richtungsänderungen der begünstigten Linien hängen augenscheinlich wieder damit zusammen, dass im gewöhnlichen Sehfelde der gesenkte Blick auf die Fussbodenebene fällt, die sich vom Sehenden scheinbar ansteigend zum Horizont erstreckt, der gehobene Blick dagegen dem Zenith sich nähert, von welchem das Sehfeld zum Horizont abfällt. Dieser Form fügt sich aber nicht bloss das unendlich entfernte Himmelsgewölbe, sondern auch eine nähere Fläche, die wir bei aufwärts gekehrtem Blick betrachten. Die ebene Decke eines grösseren Zimmers z. B. oder das Laubdach eines ebenen Waldwegs sieht man sich zum Horizont senken, ebenso wie die Bodenebene zu demselben ansteigen. Bei der zweiten Hauptrichtung des Sehens sind die in dem Horopterkreis gelegenen Gegenstände in Bezug auf ihre deutliche Auffassung begünstigt. Diese Hauptrichtung geht von einer fest bestimmten Lage der Visirebene, der Primärlage, aus, in der dann bei gleich bleibendem Convergenzwinkel der Blick nach rechts und links gewendet werden kann, während die Bilder der in jenem Kreis gelegenen Objecte sich fortwährend über correspondirende Stellen der Netzhauthorizonte bewegen. In diesem Fall ist die Thatsache entscheidend, dass nähere Gegenstände, die wir in horizontaler Richtung mit dem Blick ausmessen, vorzugsweise unter dem Horizont gelegen sind, also mit gesenktem Blick beobachtet werden. Der Horizont selbst bildet die obere Grenze solcher Horizontaldistanzen: er fordert aber im allgemeinen eine Parallelstellung der Augen. Nachdem so durch die Verhältnisse des gewöhnlichen Sehfeldes die geneigte Lage der Primärstellung gefordert ist, wählen wir diese dann auch unwillkürlich bei solchen Beschäftigungen, bei denen es uns, wie beim Lesen und Schreiben oder bei feinen mechanischen Arbeiten, auf eine besonders genaue Auffassung

in der horizontalen Sehrichtung ankommt. Dabei ist freilich nicht zu übersehen, dass auch die Muskeln unserer Arme und Hände in einer Weise eingerichtet und eingeübt sind, die eine solche Haltung des Auges verlangt. Auch hier sind es also wieder mannigfaltige Bedingungen, welche nach einem Ziele zusammen wirken.

In asymmetrischen Convergenzstellungen ausserhalb der Primärlage gibt es zwar ebenfalls noch eine Horopterlinie. Letztere ist aber in diesem Fall eine Curve doppelter Krümmung, welche durch den Schnitt zweier Hyperboloide entsteht. Es liegt keine Wahrscheinlichkeit vor, dass diese Linie für das Sehen irgend eine Bedeutung habe. Die genannten Augenstellungen verhalten sich daher in dieser Beziehung nicht anders, als wenn der Blickpunkt der einzige correspondirende Punkt wäre. Begünstigte Richtungen des Sehens kann es hier nicht geben, da die Horoptercurve in keinem Fall mehr eine durch den Blickpunkt gehende Linie ist. Nach dem LISTING'schen Gesetze sind, wie wir gesehen haben, in der Primärlage alle Richtungen des Sehens dadurch bevorzugt, dass in ihnen die Orientirung des Auges bei der Bewegung des Blicks constant bleibt. Jede in der Primärlage durch den Fixationspunkt gehende Gerade verschiebt sich bei der Bewegung im Netzhautbild des einzelnen Auges in sich selber. Beim binocularen Sehen werden diese begünstigten Richtungen auf die zwei Hauptrichtungen reducirt. Dass es aber hier überhaupt diese zwei Hauptrichtungen gibt, ist in dem LISTING'schen Gesetz begründet. Hierin besteht die Bedeutung des letzteren für das Doppelauge. —

Indem die Einflüsse, welche die constantere Zuordnung der correspondirenden Punkte bedingen, und diejenigen, welche von der variabeln Auffassung des Sehfeldes ausgehen, neben einander zur Geltung kommen, bildet sich im allgemeinen eine Neigung aus, solche Bilder beider Netzhäute, die sich in Form und Grösse sehr nahe kommen und nahezu correspondirende Stellen decken, in eine Vorstellung zu verschmelzen, auch wenn die sonstigen Motive einer solchen Verschmelzung, die aus der Lagebestimmung im Sehfelde hervorgehen, fehlen. Wenn man z. B. zwei Kreise von etwas ungleichem Radius zieht und sie in Parallelstellung oder symmetrischer Convergenz zur Vereinigung bringt, so verschmelzen dieselben leicht in die Vorstellung eines Kreises. Allerdings können in diesem Fall auch die Netzhautbilder eines einzigen Gegenstandes unter Umständen dieselbe Verschiedenheit zeigen, wenn wir z. B. einen weit nach links gelegenen Kreis betrachten, wo wegen der ungleichen Entfernung von beiden Augen das linke Netzhautbild etwas grösser ist als das rechte: doch müsste ein solcher Kreis bei asymmetrischer Convergenz betrachtet werden. Aehnlich verhält es sich, wenn man zwei horizontale Linien von ungleicher Distanz binocular vereinigt, wie in Fig. 132. Dagegen ist bei Bildern wie der

Fig. 132.

Fig. 133 die Beziehung auf einen zur Seite vom Beobachter gelegenen Gegenstand ganz unmöglich. Dennoch verschmelzen auch hier die vier Kreise mit einander. Es ist also unleugbar, dass wir selbst solche Netzhautbilder zu einer Vorstellung verbinden, die in Wirklichkeit gar nicht von einem einzigen Gegenstande herrühren können, sobald sie sich nur den wirklichen Bildern eines

Objectes sehr annähern. Hieraus geht klar hervor, dass wir die Unterschiede nicht-correspondirender Stellen beider Netzhäute unter allen Umständen viel

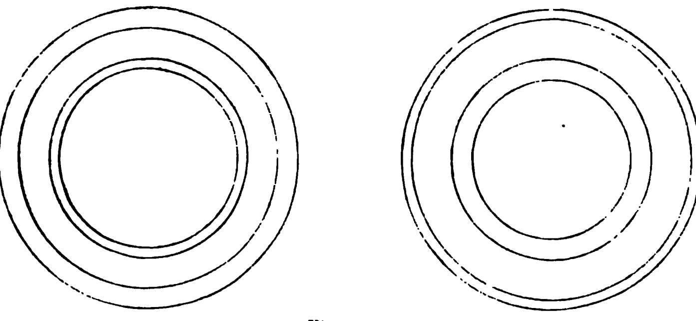


Fig. 133.

leichter übersehen als Unterschiede im Sehfeld des einzelnen Auges, indem immer die Neigung besteht, die binocularen Eindrücke auf einfache Objecte zu beziehen. Sind die Unterschiede von den Netzhautbildern eines wirklichen Gegenstandes nicht allzu bedeutend, so tritt daher die Verschmelzung ein. Diese unterbleibt erst, sobald z. B. die Unterschiede in den Radien der Kreise eine gewisse Grenze überschreiten. Auch gelingt es oft, namentlich bei starrer Fixation, die unter gewöhnlichen Umständen verschmelzenden Eindrücke zu Doppelbildern aus einander zu treiben. Ferner müssen in allen diesen Fällen, die den Bedingungen des normalen Sehens eigentlich widerstreiten, die Unterschiede immerhin geringer sein, als wenn eine Beziehung auf bestimmte Lageverhältnisse der Gegenstände möglich ist. So können zwei verticale Linienpaare noch bei einem grösseren Distanzunterschied vereinigt werden als zwei horizontale. Denn bei der stereoskopischen Combination der Linienpaare *a b* und *c d* (Fig. 134) entsteht die Vorstellung eines Tiefenunterschieds. Denken wir uns zwei Linien im Raume, von denen die rechts gelegene weiter vom Beobachter entfernt ist als die linke, so entwerfen dieselben bei naher Betrachtung in der That im linken Auge ein Bild *a b*, im rechten ein Bild *c d*. Bei Horizontallinien kann ein solcher Distanzunterschied der Bilder nur noch bei seitlicher Lage des Objects vorkommen, und er kann hier, weil seitliche Objecte zu bald aus unserm Gesichtsfeld verschwinden, bei weitem keinen so hohen Grad erreichen.

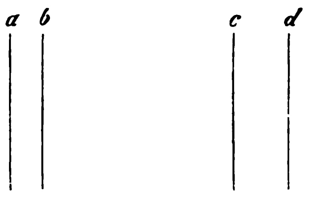


Fig. 134.

Kreise von verschiedenem Halbmesser bieten ein gemischtes Verhalten dar. Ihre verticalen Bogen können auf die Tiefendimension bezogen werden, ihre horizontalen können nur analog den geraden Horizontallinien vereinigt werden. Daher beobachtet man auch zuweilen, dass die ersteren verschmelzen, während die letzteren in Doppelbildern erscheinen. Ueber die äussersten Distanzunterschiede, in welchen gerade Linien noch vereinigt werden können, hat VOLKMANN messende Versuche ausgeführt, welche zeigen, dass diese Unterschiede bei verticaler Richtung das 4—6-fache derjenigen bei horizontaler

betragen dürfen; doch sind die individuellen Schwankungen bedeutend [1]. Ei grossen Einfluss auf die Trennung der Doppelbilder, mögen dieselben nun dı die Beziehung auf bestimmte Lageverhältnisse der Objecte erschwert sein (nicht, übt auch die Anbringung gewisser Merkzeichen aus, welche die ' einigung in eine einzige Vorstellung hindern. So widersetzen sich die Lin paare in Fig. 135 der Verschmelzung in Folge der beiden Horizontallin

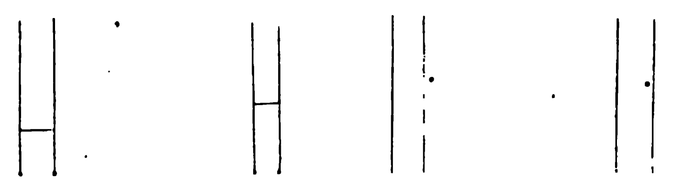


Fig. 135. Fig. 136.

Dasselbe tritt schon ein, wenn man, wie in Fig. 136, von zwei zu combiniren Linien die eine durch einen rechts, die andere durch einen links beigeset: Punkt auszeichnet. In allen diesen Fällen, die noch in der mannigfaltig Weise variirt werden können [2], schwindet dann aber auch mit dem Ein der Doppelbilder alsbald die Vorstellung einer verschiedenen Tiefenentfern der Linien.

Wie in den zuletzt beschriebenen Versuchen die Trennung der auf ni correspondirende Stellen fallenden Bilder durch besondere Zeichen begüns wird, so kann auch umgekehrt durch auszeichnende Merkmale die Vereinigı der auf correspondirenden Stellen entworfenen Bilder verhindert werden, f nur gleichzeitig andere Momente ein Auseinanderfallen der Deckpunkte und

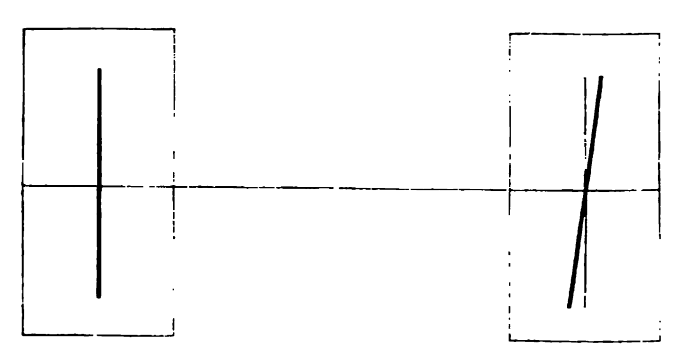


Fig. 137.

correspondirenden Punkte veranlassen. Man zeichne, wie in Fig. 137, Linien, welche die Richtungen der scheinbar verticalen Meridiane besitzen: Linie links werde dick, die Linie rechts möglichst fein gezogen, ausse

[1] Volkmann, Archiv f. Ophthalmologie. II, 2. S. 32 f.

[2] Vergl. Volkmann a. a. O. S. 19 f. Panum, das Sehen mit zwei Augen. S.

bringe man aber rechts noch eine ebenfalls dick ausgezogene Linie von etwas anderer Richtung an. Legt man diese Zeichnung in das Stereoskop, so werden die beiden dicken Linien vereinigt, und zwar erwecken dieselben die Vorstellung eines sich in die Tiefe erstreckenden Stabes, die feine Linie aber wird isolirt gesehen. Dieser im wesentlichen schon von WHEATSTONE angegebene Versuch [1] ist mehrfach bestritten worden [2]. Aber selbstverständlich kann der Umstand, dass es zuweilen gelingt, die correspondirenden Linien statt der disparaten zu verschmelzen, nichts beweisen. Auch kann nicht angenommen werden, dass etwa durch die Tendenz zur Verschmelzung eine Rollung der Augen um die Gesichtslinien eintrete, da andere Linien, die man noch im Gesichtsfelde anbringt, z. B. die Vierecke, welche die Fig. 137 umrahmen, ihre scheinbare Richtung nicht verändern und sich fortwährend decken; zudem spricht dagegen die deutliche Tiefenvorstellung. Letztere beweist ferner, dass nicht etwa das Halbbild der einen der starken Linien ausgelöscht wird. Ueberdies kann man beide von verschiedener Farbe nehmen, wo dann das Sammelbild glänzend und in der Mischfarbe erscheint [3]. Nach der oben vorgetragenen Theorie bildet der WHEATSTONE'sche Versuch keine Schwierigkeit. In ihm sind gerade solche Bedingungen hergestellt, dass die variable Zuordnung der Deckstellen nach den Lageverschiedenheiten der Bilder entschieden begünstigt ist vor der constanteren Zuordnung der correspondirenden Punkte, wie sie sich aus der Beschaffenheit des gewöhnlichen Sehfeldes entwickelt hat.

Die wesentliche Bedeutung des zweiäugigen Sehens liegt in der Sicherheit, mit welcher durch dasselbe den in verschiedener Entfernung befindlichen Punkten eines Gegenstandes ihre relative Lage zum Sehenden angewiesen wird. Auf beiden Netzhäuten entwerfen in unserer Nähe vorhandene Körper Bilder, welche in eine Vorstellung verschmelzen, in der unmittelbar die Lagebestimmung der einzelnen Theile des Gegenstandes nach ihrer Richtung und Tiefenentfernung enthalten ist. Ebendamit hängt die genauere Lagebestimmung der Objecte in Bezug auf unsern eigenen Körper zusammen. Die Richtung, nach welcher wir irgend einen binocular gesehenen Gegenstand verlegen, entspricht nämlich, wie E. HERING zuerst bemerkt hat, einer Geraden, die von dem Mittelpunkt der Verbindungslinie beider Drehpunkte aus nach dem gemeinsamen Blickpunkt gezogen werden kann [4]. Wir bestimmen also die Lage und Richtung der Gegenstände so, als wenn wir mit einem einzigen Auge sähen, welches inmitten unserer Stirne gelegen wäre. Diese Bestimmung der Richtungen, wie sie sich in Folge des binocularen Einfachsehens ausgebildet hat, pflegt

[1] WHEATSTONE (POGGENDORFF's Annalen. 1842. Ergänzungsband. S. 30) hat angenommen, dass zwei verticale Gerade auf correspondirenden Netzhautstellen sich abbilden. Oben haben wir dem mit HELMHOLTZ (physiol. Optik S. 737) Gerade, deren Neigung der Richtung der scheinbar verticalen Meridiane entspricht, substituirt. Eine andere Form des Versuchs siehe bei NAGEL, das Sehen mit zwei Augen. S. 81.

[2] BRÜCKE, MÜLLER's Archiv, 1841. S. 459. VOLKMANN, a. a. O. S. 74.

[3] Vergl. die unten folgenden Erörterungen über den stereoskopischen Glanz.

[4] HERING, Beiträge zur Physiologie S. 35 f., DU BOIS REYMOND's und REICHERT's Archiv 1864, S. 27 f.

in der Regel sogar dann noch entscheidend zu bleiben, wenn wir das eine Auge verschliessen. Fixirt man bei geschlossenem rechtem Auge mit dem linken l (Fig. 138) zuerst einen ferneren Punkt a' und dann den nähern a, so scheint, obgleich die Richtung der Blicklinie $l\,a$ ungeändert geblieben ist, doch der Punkt a nach links abzuweichen, was der Bewegung der mittleren Blickrichtung aus der Stellung $m\,a'$ nach $m\,a$ entspricht. Zugleich ändert sich hierbei die Raddrehung des Auges l im selben Sinne, wie sie sich ändern würde, wenn man bei binocularem Sehen von einer geringeren zu einer stärkeren Convergenz überginge.

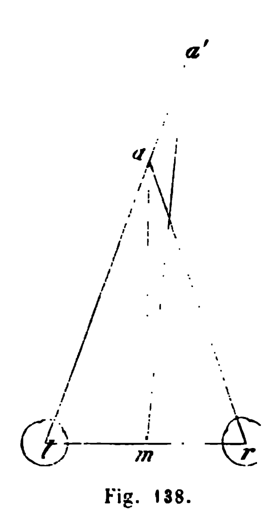


Fig. 138.

Das Stereoskop ahmt die natürlichen Bedingungen des körperlichen Sehens nach, indem es Bilder darbietet, wie sie ein körperlicher Gegenstand in beiden Augen entwerfen würde. Zugleich ist man aber mittelst des Stereoskopes im Stande, die Verhältnisse, welche beim natürlichen Sehen nur in Bezug auf nahe gelegene Objecte vorkommen, auf entferntere zu übertragen. In dem Stereoskop kann man nämlich Aufnahmen eines fernen Gegenstandes verbinden, die in zwei Stellungen gemacht sind, welche die Distanz der beiden Augen von einander weit übertreffen. Auf diese Weise geben uns z. B. die gewöhnlichen stereoskopischen Landschaftsphotographieen ein körperliches Bild, wie es uns das natürliche Sehen nicht verschafft. Denn eine Landschaft ist von dem Standpunkte, auf welchem sie übersehen werden kann, zu weit entfernt, als dass merkliche Verschiedenheiten der Netzhautbilder existirten. Das stereoskopische Bild entspricht also nicht der wirklichen Landschaft, sondern einem in der Nähe betrachteten Modell derselben [1].

Die Bedeutung des binocularen Sehens lässt sich veranschaulichen, indem man die beiden Augen mit zwei Beobachtern vergleicht, welche von verschiedenen Standpunkten aus die Welt anblicken und einander ihre Erfahrungen mittheilen. Mit diesem Bild ist aber freilich keine Erklärung des stereoskopischen Sehens gegeben; diese liegt vielmehr in jenen Momenten, welche wir oben als bestimmend für die Entstehung des variablen Sehfeldes angeführt haben. Der nächste Grund für die Beziehung eines Lichteindrucks auf einen bestimmten Ort im Raume ist das an denselben

[1] Um bei Betrachtung einer wirklichen Landschaft den stereoskopischen Effect zu erhalten, hat HELMHOLTZ das Telestereoskop construirt, eine Vorrichtung, bei welcher durch zu einander geneigte Spiegel beiden Augen Bilder der Landschaft geboten werden, die einer grösseren Distanz der Aufnahmestandpunkte entsprechen. (HELMHOLTZ, physiol. Optik. S. 681 und Taf. IV, Fig. 3.)

gebundene Innervationsgefühl. Dieses richtet sich in jedem Auge nach dem Lageverhältniss des Eindrucks zum Netzhautcentrum. Liegt derselbe in beiden Augen nach innen vom Mittelpunkt, so verursacht er ein Streben zur Verminderung der Convergenz, er wird also auf ein Object bezogen, das weiter als der Blickpunkt entfernt ist. Liegt er in beiden Augen nach aussen vom Centrum, so erweckt er ein Streben zu verstärkter Convergenz, er wird demnach näher als der Blickpunkt objectivirt. Nur wenn der Eindruck im einen Auge ebenso weit einwärts wie im andern auswärts gelegen ist, entsteht ein Antrieb zu gleichmässiger Seitwärtswendung beider Gesichtslinien, was der Entfernung des Blickpunktes entspricht. Wirkt endlich der Eindruck im einen Auge nach innen, im andern nach aussen und in verschiedener Distanz vom Netzhautcentrum ein, so ist der Erfolg ein gemischter: es entsteht nun gleichzeitig ein Antrieb zur Seitwärtswendung und ein solcher zu vermehrter oder verminderter Convergenz. Dies führt zu der Vorstellung, dass der Gegenstand seitlich vom Blickpunkt und gleichzeitig entweder näher oder ferner gelegen sei. Nun sind aber die Innervationsgefühle, wie wir bemerkt haben, nur in Bezug auf ihre Richtung, nicht nach ihrer Grösse fest bestimmt, daher auch das ruhende Auge nur eine unbestimmte Vorstellung von der Form des betrachteten Gegenstandes empfängt. So ist denn für dasselbe die Vereinigung der zusammengehörigen stereoskopischen Bildtheile zwar möglich, aber nicht nothwendig. Dieselben treten um so leichter zu Doppelbildern aus einander, einer je festeren Fixation man sich befleissigt. Erst bei der Bewegung des Auges entsteht die Empfindung der wirklich aufgewandten Innervation und damit eine festere Beziehung der zusammengehörigen Deckstellen der Netzhäute. Deckpunkte werden nun alle jene Punkte des Raumes, welche bei der Bewegung abwechselnd Blickpunkte gewesen sind. Dabei zeigt sich dann zugleich die einmal gebildete Vorstellung von wesentlichem Einflusse. Sobald man durch die Bewegung die Form eines Objectes aufgefasst hat, ist es leicht, auch während der Ruhe dieselbe festzuhalten. Etwas ähnliches bemerkt man, wenn stereoskopische Bilder bei momentaner Erleuchtung mit dem elektrischen Funken betrachtet werden. Meist sind mehrere auf einander folgende Erleuchtungen mit wechselndem Blickpunkt erforderlich, um den stereoskopischen Effect zu erzielen. Nur dann ist man überhaupt im Stande, bei einer einzigen momentanen Erleuchtung die Tiefenvorstellung zu vollziehen, wenn zwei zusammengehörige Deckpunkte der beiden Bilder bereits vorher als Lichtpunkte bemerklich gemacht und fixirt wurden [1]. Doch ist hierbei immerhin die Vorstellung unsicherer als nach wiederholter Erleuchtung.

[1] Näheres über die Methoden der Beobachtung bei momentaner Erleuchtung vergl. unten.

Das binoculare stereoskopische Sehen liefert uns nicht, wie behauptet wird, einen Raum von drei Dimensionen, sondern wir sehen im allgemeinen nur eine Oberfläche, also ein Gebilde aus zwei Dimensionen. Doch besitzt diese Oberfläche eine mannigfaltige, bald stetig bald plötzlich wechselnde Krümmung, so dass dieselbe im ebenen Raum, den wir insgemein zu geometrischen Ausmessungen benützen, nur mit Hülfe der dritten Dimension construirt werden kann. Der eigentliche Unterschied des binocularen und monocularen Sehens besteht aber darin, dass das letztere nur die beiden einfachsten Flächen, Kugeloberfläche und Ebene, diese als kleines Stück einer Kugel von sehr grossem Radius, vermöge seiner Bewegungsgesetze unmittelbar zu erzeugen vermag, während wir mit beiden Augen mittelst der wechselnden Verlegung des Blickpunktes Oberflächen aller Gestalten in unserer Vorstellung hervorbringen können. Es sind erst Hülfsmittel secundärer Art, durch welche sich auch dem monocularen Sehen diese verwickelteren Vorstellungen eröffnen, und dieselben entbehren hier immer der unmittelbaren Sicherheit, die der binoculare Anblick gewährt. Doch sind wir bei der Auffassung der Lageverhältnisse entfernter Gegenstände ausschliesslich, auch im binocularen Sehen, auf diese secundären Hülfsmittel angewiesen, welche im Vergleich mit den mehr an die ursprüngliche Empfindung gebundenen Motiven der binocularen Wahrnehmung immer eine grössere Menge individueller Erfahrungen voraussetzen. Hierher gehört zunächst der Lauf der Begrenzungslinien der Gegenstände im Sehfeld. Die Entfernung eines Gegenstandes beurtheilen wir nach dem scheinbaren Ansteigen der ebenen Bodenfläche oder bei über uns gelegenen Objecten, die wir mit aufwärts gewandtem Blick betrachten müssen, nach ihrem scheinbaren Abfall gegen den Horizont [1]). Wo uns die Fusspunkte der Objecte verdeckt bleiben, sind wir daher über deren relative Entfernung sehr unsicher. So erscheinen uns Bergreihen, die sich hinter einander aufthürmen, wie in einer Fläche liegend. Bei Zeichnungen, in denen unbestimmt gelassen ist, wie der Lauf der Contourlinien in Bezug auf den Beobachter gemeint ist, kann dadurch die Vorstellung in ein eigenthümliches Schwanken gerathen. Die Fig. 139 z. B. erscheint bald als eine Treppe, indem die Fläche *a* vor die Fläche *b* verlegt wird,

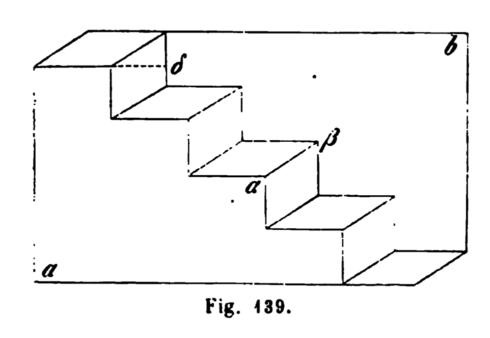


Fig. 139.

[1]) Vergl. oben S. 603.

bald aber auch als ein überhängendes Mauerstück von umgekehrter Treppenform, indem *a* hinter *b* zu liegen scheint[1]. Dieses Schwanken ist dadurch verursacht, dass wir die Grenzlinien $\alpha\,\beta$ bald auf das scheinbare Ansteigen der Fussbodenebene bald auf den scheinbaren Abfall der Deckenebene beziehen können. Sobald man daher in der Zeichnung weitere Momente anbringt, welche die eine oder andere dieser Deutungen ausschliessen, wenn man z. B. eine menschliche Figur zeichnet, welche die Treppe hinaufsteigt, oder wenn man, um die Vorstellung des überhängenden Mauerstücks zu begünstigen, den unteren Theil der Treppe hinweglässt und oben die Figur mit der punktirt angedeuteten Linie bei δ abschliesst, so hört jenes Schwanken der Vorstellung vollständig auf. Das nämliche kann durch die verschiedene Vertheilung von Licht und Schatten bewirkt werden, wenn man also entweder die Fläche *b* auf den einzelnen Treppenstufen oder diese auf der Fläche *a* ihren Schatten werfen lässt. So bietet überhaupt der Schlagschatten der Gegenstände ein wichtiges Hülfsmittel für die Auffassung ihrer Lage und Form. In der Morgen- und Abendbeleuchtung, in der die Schatten der Bäume und Häuser länger sind, scheinen uns die Entfernungen grösser als in der Mittagssonne. Ob Gegenstände erhaben oder vertieft sind, unterscheiden wir an den Schatten, welche ihre Ränder werfen. Eine Hohlform zeigt die Schatten an der dem Licht zugekehrten, eine erhabene Form an der demselben abgekehrten Seite. Betrachtet man daher z. B. eine erhabene Medaille, von der das Fensterlicht durch einen Schirm abgehalten ist, während sie von der entgegengesetzten Seite her durch einen Spiegel beleuchtet wird, so erscheint das Relief verkehrt[2]. Nicht bloss der Schatten an sich sondern auch die Verhältnisse der Umgebung, wie die Richtung, in der das Licht einfällt, bestimmen also in diesen Fällen unsere Vorstellung.

Bei bekannteren Gegenständen bietet die Grösse des Gesichtswinkels das relativ genaueste Maass für die Beurtheilung ihrer Entfernung dar[3]. Unbekanntere Gegenstände beurtheilen wir daher in Bezug auf ihre Distanzverhältnisse nach den uns in ihrer gewöhnlichen Grösse geläufigen, wie Menschen, Bäumen, Häusern. Im Verein mit dem Zug der Begrenzungslinien bildet die Verkleinerung des Gesichtswinkels mit wachsender Entfernung die Elemente der Perspective. Bei den allerfernsten Objecten, den Gebirgen und Wolken, welche den Horizont umsäumen, können aber die Hülfsmittel der gewöhnlichen Perspective nicht mehr zur Geltung kommen: sie erscheinen alle wie auf einer einzigen Ebene ausgebreitet. Hier ist dann durch die sogenannte Luftperspective noch die Möglich-

---

[1] SCHROEDER, POGGENDORFF's Annalen, Bd. 105 S. 298.
[2] OPPEL, POGGENDORFF's Annalen, Bd. 99. S. 466.
[3] Vergl. S. 532.

keit geboten, wenigstens grössere Distanzunterschiede wahrzunehmen. Durch die Erfüllung der Luft, namentlich ihrer niedrigern Schichten, mit Nebelbläschen, werden nämlich die Gegenstände mit wachsender Entfernung immer undeutlicher, und sie nehmen zugleich bei geringer Lichtstärke eine blaue, bei grösserer eine rothe Färbung an. Die Berge am Horizont erscheinen also bläulich, die unter- oder aufgehende Sonne und die von ihr beleuchteten Berggipfel aber purpurroth gefärbt. Wie die gewöhnliche Perspective in Folge des Einflusses der Schlagschatten mit der Tageszeit, so wechselt nun die Luftperspective ausserordentlich mit der Witterung. Wenn die Luft klar und trocken oder, statt mit Wassernebeln, mit Wasserdämpfen erfüllt ist, so erscheint uns der Horizont bedeutend genähert. Umgekehrt rücken bei dichtem Nebel nähere Gegenstände scheinbar in grössere Ferne, und sie erscheinen uns dann, da doch ihr Gesichtswinkel unverändert geblieben ist, zugleich vergrössert. Bäume, Menschen sehen wir z. B. durch eine Nebelschicht zu riesigen Dimensionen angewachsen. Die Malerei bringt alle Vorstellungen über Raumverhältnisse und Entfernungen nur mit Hülfe der Perspective und Luftperspective zu Stande. Bei näheren Gegenständen, wo das binoculare Sehen über die wirkliche Form der Körper genauere Aufschlüsse gibt, wird daher der plastische Effect malerischer Kunstwerke erhöht, wenn man sie bloss mit einem Auge betrachtet. Ebenso lassen die gewöhnlichen stereoskopischen Landschaftsphotographieen, wenn man jedes einzelne Bild in gewöhnlicher Weise binocular betrachtet, oft nur sehr undeutlich die wahren Formverhältnisse erkennen. Der Effect erhöht sich schon sehr, wenn man das eine Auge schliesst; er wird aber freilich noch viel grösser, wenn man beide Bilder im Stereoskop combinirt. Dieser Versuch zeigt sehr augenfällig das Uebergewicht, welches das stereoskopische Sehen gegenüber jenen malerischen Hülfsmitteln der Raumanschauung besitzt.

Indem wir im allgemeinen nach den Regeln der Perspective und der Luftperspective die Raumverhältnisse der Gegenstände auffassen, folgen wir augenscheinlich dem Einflusse bestimmter Erfahrungen. Dieser Einfluss lässt sich denn auch in vielen Fällen sehr bestimmt nachweisen. Es ist leicht zu beobachten, dass Kinder erst auf einer ziemlich fortgeschrittenen Entwicklungsstufe Grössen und Entfernungen nach der Perspective zu beurtheilen beginnen. Namentlich über weit entfernte Gegenstände täuschen sie sich noch lange Zeit. Nur durch fortgesetzte Uebung gelangen wir also dazu, auch jenen Theilen des Gesichtsfeldes, welche nicht im Bereich der binocularen Tiefenauffassung gelegen sind, dieselbe Vielgestaltigkeit der Form zu geben, welche ursprünglich allein durch die stereoskopische Wahrnehmung erzeugt wird. Auch hier behält übrigens der Satz seine Gültigkeit, dass das Sehfeld immer eine Oberfläche ist, welche je nach der Wirkung der

angeführten Einflüsse die mannigfaltigsten Gestalten annehmen kann. Nur in einem einzigen Fall könnte es scheinen, dass wir unmittelbar den Eindruck des Körperlichen empfangen, bei **durchsichtigen** Gegenständen nämlich, welche ihre in verschiedener Tiefenentfernung gelegenen Oberflächen gleichzeitig dem Beschauer darbieten. Die **Vorstellung des Durchsichtigen** bildet sich aber regelmässig dann, wenn wir zweierlei Eindrücke auf unser Auge einwirken lassen, von denen die einen die Vorstellung eines näheren, die andern die eines entfernteren, doch in gleicher Richtung liegenden Objectes erwecken. In diesem Fall muss der Schein entstehen, als werde das zweite Object durch das erste hindurch gesehen. Dieser Schein tritt nicht bloss dann ein, wenn das erste Object wirklich durchsichtig ist, sondern auch, wenn dasselbe eine spiegelnde Oberfläche besitzt, so dass es das Bild eines andern Objectes zurückwirft. Man kann daher leicht auf folgendem Wege den Schein des Durchsichtigen erzeugen: man halte über ein horizontal liegendes schwarzes oder farbiges Papierstückchen *a* (Fig. 140) eine farblose schräg geneigte Glasplatte *g*, und lasse in der letzteren eine vertical gehaltene weisse Papierfläche *c* sich spiegeln, auf der irgend ein scharf begrenztes Object angebracht ist, z. B. ein kleineres farbiges Papierstückchen *b*. Gibt man der Glasplatte eine Neigung von 45°, so scheint dem Auge *o* das Object *b* unmittelbar auf der Fläche *a* zu liegen, und es tritt eine einfache Mischempfindung ein. Vergrössert man nun den Winkel zwischen der Fläche *c* und der Glasplatte, indem man *c* in die Lage *c'* bringt, so scheint das Object *b* **hinter** *a* bei *b'* zu liegen; es entsteht daher die Vorstellung, *a* sei durchsichtig. Sobald man auf der Papierfläche *c* kein begrenztes Object anbringt, damit bei der Spiegelung keine Contour wahrgenommen, also auch kein bestimmtes Object vorgestellt werden kann, so hört die scheinbare Spiegelung auf, und es erfolgt bei allen Neigungen der Glasplatte einfache Mischempfindung. Anderseits macht das Object *a* bei diesen Versuchen um so vollständiger den Eindruck eines wirklichen Spiegels, je gleichmässiger es ist. Dagegen wird dieser Eindruck gestört, wenn man Ungleichmässigkeiten der Färbung oder eine Zeichnung anbringt, welche die Aufmerksamkeit auf sich lenkt. Das nämliche kann man auch erreichen, wenn man dem Object *b* verwaschene Contouren gibt, so dass die scheinbare Entfernung seines Bildes von *a* nicht deutlich bestimmt werden kann, oder wenn man bloss die weisse Papierfläche *c* sich spiegeln lässt, sie aber ungleichmässig beleuchtet, so dass das

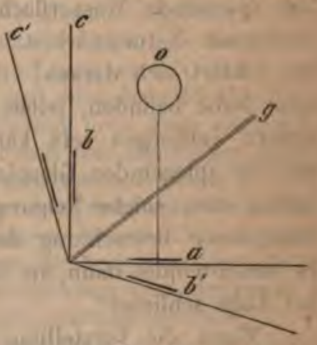


Fig. 140.

Spiegelbild an verschiedenen Stellen ungleiche Helligkeit hat. In allen diesen Fällen tritt jene eigenthümliche Modification der Spiegelung ein, welche wir als Glanz bezeichnen. In der That beruhen die Erscheinungen des Glanzes stets auf der nämlichen Ursache. Wir nennen eine Oberfläche spiegelnd oder durchsichtig, wenn sie vollkommen deutliche Spiegelbilder entwirft, während wir doch nur eben an ihre Anwesenheit durch irgend welche Merkmale, z. B. durch greller beleuchtete und darum glänzende Stellen erinnert werden. Wir nennen dagegen eine Oberfläche glänzend, wenn entweder das entworfene Spiegelbild an sich sehr undeutlich ist, oder wenn durch Ungleichheiten der spiegelnden Fläche die deutliche Auffassung des Spiegelbildes verhindert wird. Meistens treffen natürlich diese beiden Momente zusammen, da Ungleichheiten der spiegelnden Oberfläche, welche die Aufmerksamkeit auf sich ziehen, in der Regel auch die Deutlichkeit des Spiegelbildes beeinträchtigen werden.

Die Erscheinungen der Spiegelung und des Glanzes lassen sich auch stereoskopisch hervorbringen; auf diese Weise sind sie zuerst von Dove beobachtet worden [1]). Wenn man ein weisses und ein schwarzes Quadrat auf grauem Grunde stereoskopisch combinirt, so ist das Sammelbild nicht einfach grau, sondern es erscheint lebhaft glänzend. Das nämliche beobachtet man bei der Vereinigung verschiedener Farben. In den stereoskopischen Landschaftsphotographieen ist nicht selten durch den auf solche Weise erzeugten Glanz der Effect ausserordentlich erhöht. Namentlich spiegelnde Wasserflächen und Gletschermassen erscheinen so in vollkommener Naturwahrheit. Die Entstehung dieses stereoskopischen Glanzes erklärt sich daraus, dass bei spiegelnden Flächen, die sich in unserer Nähe befinden, leicht dem einen Auge das Spiegelbild sichtbar, dem andern verborgen sein kann. Mittelst der oben beschriebenen Versuche mit der spiegelnden Glasplatte lässt sich dies nachahmen, indem man derselben eine solche Neigung gibt, dass das Spiegelbild b' in Fig. 140 bei binocularer Betrachtung der Fläche a nur dem einen Auge sichtbar ist: es verschwindet dann die Glanzerscheinung augenblicklich, wenn man dieses Auge schliesst [2]).

Wenn die Vorstellung der Durchsichtigkeit oder der Spiegelung entsteht, so sehen wir nun in Wirklichkeit nicht einen Körper, ja nicht einmal zwei hinter einander gelegene Oberflächen auf einmal, sondern gegen das Spiegelbild tritt, um so mehr, je vollkommener die Spiegelung ist, die spiegelnde Oberfläche zurück. In dem Maasse aber, als diese durch Un-

---

1) Dove, Berichte der Berliner Akademie. 1850 S. 152. 1851 S. 246. Darstellung der Farbenlehre. Berlin 1853. S. 166.

2) Wundt, Beiträge zur Theorie der Sinneswahrnehmung. S. 305 f. Vorlesungen über die Menschen- und Thierseele. I S. 354.

gleichheiten der Zeichnung oder der Erleuchtung selbständig die Aufmerksamkeit auf sich lenkt, verschwindet hinwiederum die Deutlichkeit des Spiegelbildes; es entsteht Glanz, der ganz und gar als eine Eigenschaft der zunächst gesehenen Oberfläche aufgefasst wird. So erfährt denn auch bei diesen Erscheinungen der Satz, dass unser Sehfeld stets eine Fläche ist, keine Ausnahme. Gerade der Glanz bietet eine augenfällige Bestätigung desselben. Denn Glanz tritt unter solchen Bedingungen ein, wo die Auffassung der spiegelnden Fläche und des hinter ihr gelegenen Spiegelbildes annähernd gleichmässig begünstigt ist. Hier sollten wir also zwei Oberflächen in derselben Richtung sehen. Aber wir sind nicht im Stande dies in einer Vorstellung zu vereinigen; wir fassen daher das gespiegelte Licht nur als eine Modification der spiegelnden Fläche auf, die wir daneben doch in ihrer ursprünglichen Farbe und Helligkeit annähernd erkennen. Hierin eben besteht das Wesen des Glanzes, der demnach ebenso gut eine psychologische wie eine physikalische Erscheinung genannt werden kann [1].

Zur Untersuchung der stereoskopischen Erscheinungen ist es für manche Zwecke unerlässlich, sich auf das Stereoskopiren ohne Stereoskop einzuüben. Es gelingt dies am besten, wenn man zunächst möglichst einfache Objecte, z. B. zwei verticale Stäbe, wählt, die man durch Kreuzung der Gesichtslinien bald vor bald hinter denselben zum Verschmelzen bringt. Hat man auf diese Weise gelernt, nach Willkür einen imaginären Blickpunkt zu wählen, so gelingt dann auch leicht die Combination einfacherer stereoskopischer Zeichnungen, wie der Fig. 129 oder 130 (S. 591 u. 93). Man bemerkt, dass dieselben erhaben erscheinen, die abgestumpfte Spitze dem Beobachter zugekehrt, wenn man sie durch Fixation eines hinter ihnen gelegenen Punktes zur Vereinigung bringt; dagegen kehrt sich das Relief um, sie erscheinen vertieft, wenn man den Blickpunkt vor den Zeichnungen wählt. Es tritt hier derselbe Effect ein, den man durch Vertauschen der für das rechte und linke Auge bestimmten Bilder erhält. Um bei momentaner Erleuchtung durch den elektrischen Funken zu stereoskopiren, lässt man sich einen innen geschwärzten Kasten aus Holz oder Pappdeckel verfertigen, an dem sich auf der einen Seite zwei Löcher befinden, welche die Distanz der beiden Augen besitzen. Diesen Löchern gerade gegenüber ist ein Schieber angebracht, auf welchem die stereoskopischen Zeichnungen befestigt werden. Um vor eintretender Erleuchtung den Blickpunkt zu fixiren, ist die Mitte jeder Zeichnung samt dem Schieber durchbohrt: die beiden auf diese Weise entstehenden Lichtpunkte müssen durch Convergenz vor oder hinter denselben verschmolzen werden. Ausserdem ist die Hinterwand des Kastens zur Aufnahme elektrischer Leitungsdrähte durchbohrt. Die zwischen denselben überspringenden Funken sind dem Auge durch eine kleine Papierfläche verdeckt, welche auf der den Drähten zugekehrten Seite weiss gelassen ist, so dass sie das Licht nach den Zeichnungen hin reflectirt. Zur Erleuchtung wendet man die Funken der Elektrisirmaschine oder der secundären

---

[1] Zur Theorie des Glanzes vergl. meine Beiträge zur Theorie der Sinneswahrnehmung, S. 315.

Spirale eines RUMKORFF'schen Inductionsapparates an, die mit den Belegen einer Leydener Flasche verbunden werden [1]. VOLKMANN construirte, um die elektrische Erleuchtung zu ersparen, eine Fallvorrichtung, durch welche der Kasten auf sehr kurze Zeit dem Tageslicht geöffnet wurde; er hat diesen Apparat Tachistoskop genannt [2].

Für die meisten stereoskopischen Versuche ist das gewöhnliche, von BREWSTER zuerst angegebene Stereoskop ausreichend (Fig. 141). In demselben ist die Vereinigung der Bilder durch Prismen erleichtert, welche mit convexen Flächen versehen sind und daher zugleich vergrössern. Die von den Zeichnungen ausgehenden Strahlen $m n$ und $o p$ werden durch die Prismen so gebrochen, dass sie die Richtungen $n l$ und $p r$ annehmen, welche sich in c schneiden: auf diesen Punkt stellt der Beobachter seine Gesichtslinien ein, und er glaubt daher das körperliche Bild in $a b$ zu sehen. Will man das erhabene Relief in ein Hohlbild verwandeln, so muss man die beiden Zeichnungen aus einander schneiden und vertauschen. Für wissenschaftliche Zwecke verdient übrigens vor dem BREWSTER'schen Stereoskop das von WHEATSTONE ursprünglich construirte Spiegelstereoskop den Vorzug. Dasselbe besteht aus zwei Spiegeln $a b$ und $c d$ (Fig. 142), deren Rückseiten einen Winkel von 90° mit einander bilden. $\alpha\ \beta$ und $\gamma\ \delta$ sind zwei Brettchen, vor welche den Spiegeln gegenüber die beiden Zeichnungen gelegt werden. Blickt nun das linke Auge in den Spiegel $a b$, das rechte in den Spiegel $c d$, so sieht man ein Bild, welches einem bei $m n$ gelegenen Object anzugehören scheint. Da aber die Spiegel rechts in links verkehren, so müssen die Zeichnungen die entgegengesetzte Lage erhalten wie in dem Prismenstereoskop. Bei einer Lage, bei welcher sie in letzterem erhöhtes Relief zeigen, geben sie im Spiegelstereoskop vertieftes, und umgekehrt. Für physiologische Versuche ist es wünschenswerth, wenn man die Entfernung der Zeichnungen von den Spiegeln variiren kann. Zu diesem Zweck ist die Schraube $p p'$ angebracht, durch deren Anziehen die beiden Wände $\alpha\ \beta$ und $\gamma\ \delta$ den beiden Spiegeln um gleiche Grössen genähert werden können [3]. Ausserdem kann man den Neigungswinkel der beiden Spiegel veränderlich machen [4]. Bringt man nun bei unveränderlichem Neigungswinkel der Spiegel die Zeichnungen in wechselnde Entfernungen von denselben, so bleibt die Convergenz der Gesichtslinien unverändert, aber die Grösse der Netzhautbilder wächst, wenn man die Zeichnungen näher rückt, und sie nimmt ab, wenn man dieselben entfernt: dies erweckt den Schein, als ob der körperlich gesehene Gegenstand am selben Orte bleibe, aber abwech-

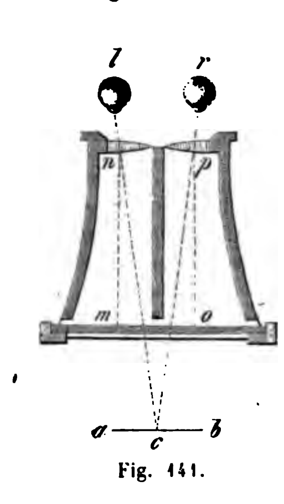


Fig. 141.

[1] Vergl. DOVE, Berichte der Berliner Akademie 1841, S. 252. HELMHOLTZ, physiologische Optik S. 567.

[2] VOLKMANN, Leipziger Sitzungsber. 1850. S. 90.

[3] WHEATSTONE, POGGENDORFF's Annalen. 1842. Ergänzungsband S. 9.

[4] Letzteres lässt sich auch dadurch ersetzen, dass man, wie es H. MEYER gethan hat, die Rahmen der beiden Zeichnungen in der Fläche drehbar macht. (POGGENDORFF's Annalen Bd. 85. S. 198.)

selnd grösser und kleiner werde. Lässt man umgekehrt die Zeichnungen unverrückt, während der Neigungswinkel der Spiegel verändert wird, so verän-



Fig. 142.

dert sich bei gleichbleibender Grösse der Netzhautbilder die Convergenz der Gesichtslinien: wird der Winkel zwischen den Spiegeln stumpfer, so nimmt die Convergenz ab, wird der Winkel spitzer, so nimmt sie zu. Im ersten Fall vermehrt sich die scheinbare Entfernung der Bilder, im zweiten Fall vermindert sie sich. Hierbei bemerkt man dann stets, dass die scheinbare Grösse des Gegenstandes sich im gleichen Sinne verändert, was der Erfahrung entspricht, dass bei gleichbleibendem Gesichtswinkel ein Gegenstand um so grösser erscheint, in je grössere Entfernung wir ihn verlegen.

Die oben entwickelte Theorie des binocularen Einfachsehens gewinnt eine wichtige Bestätigung durch Versuche über die Projection binocular entwickelter Nachbilder, welche nach demselben Princip wie die früher (S. 542) erwähnten Versuche mit monocularen Nachbildern angestellt werden können. Schon WHEATSTONE [1]) und ROGERS [2]) haben beobachtet, dass Nachbilder, welche in beiden Augen auf nicht-correspondirenden Netzhautstellen liegen, stereoskopisch combinirt werden können. Ich habe ausserdem den Einfluss zu ermitteln gesucht, welchen die Vorstellung von der Lage des Sehfeldes, in das die Nachbilder verlegt werden, auf die binoculare Verschmelzung derselben ausübt [3]). Dabei ergab sich, dass die Nachbilder beider Augen auf irgend eine ihrer Form und Richtung nach bekannte Fläche nach denselben Gesetzen projicirt werden, nach welchen auch das einzelne Auge die Nachbilder in sein Sehfeld verlegt, dass also die binocularen Nachbilder dann mit einander verschmelzen, wenn sie auf Deckstellen des Sehfeldes zu liegen kommen. Fixirt man z. B. (Fig. 143) mit dem rechten Auge einen farbigen Streifen a auf complementärfarbigem Grunde, und projicirt man dann das Nachbild desselben auf eine Ebene, die gleich der Ebene des ursprünglichen Streifens senkrecht zur Visirebene ist, so behält das Nachbild dieselbe Lage wie sein Erzeugungsbild. Dreht man nun aber die Projectionsebene um eine horizontale Axe $\alpha\,\beta$, so dass sich das obere Ende derselben vom Beobachter wegkehrt, so geht das Nachbild aus der Lage a in die Lage c über. Aehnlich nimmt ein im linken Auge erzeugtes Nachbild b auf einer zur Visirebene senkrechten Projectionsebene zunächst die Lage b an, aus der es, wenn man die Ebene in der oben angegebenen Weise dreht, ebenfalls in die Lage c übergeht. Erzeugt man nun gleichzeitig im rechten

[1]) POGGENDORFF's Annalen a. a. O. S. 46.

[2]) SILLIMAN's Journal. Nov. 1860.

[3]) Beiträge zur Theorie der Sinneswahrnehmung. S. 271 f.

Auge ein Nachbild a, im linken ein Nachbild b, und fixirt dann den Punkt γ, so sieht man zunächst zwei Nachbilder a und b, die sich in γ kreuzen. Dreht man aber jetzt die Ebene wieder in der oben angegebenen Weise vom Beobachter weg, so verschmelzen beide in das eine Nachbild c. VOLKMANN hat diesem Resultat widersprochen. Er behauptet, die beiden Nachbilder blieben bei der Drehung der Ebene doppelt, und nur dann, wenn man das linke Auge schliesse, nehme a die Richtung c, ebenso wenn man das rechte schliesse, b die Richtung c an[1]. Es mögen vielleicht bei einzelnen Beobachtern die doppelt gesehenen Nachbilder so sehr ihrer Vereinigung widerstreben, dass sie gar nicht auf die geneigte Fläche projicirt, sondern immer noch in einer zur Visirebene senkrechten Ebene, also in der Luft stehend gesehen werden. Mit Rücksicht auf den früher erörterten Einfluss der gewöhnlichen Form des Sehfelds auf die constantere Zuordnung der correspondirenden Punkte hätte dies gerade nichts auffallendes. Ich muss jedoch hervorheben, dass sich mir selbst bei dem besprochenen Versuch immer die Nachbilder vereinigen, und auch die Annahme, dass etwa wegen der Flüchtigkeit der Nachbilder das eine ganz übersehen worden sei, muss ich zurückweisen, da ich bei Rückdrehung der Projectionsebene in ihre Ausgangsstellung die Nachbilder wieder zu trennen vermag. Schwieriger ist die folgende umgekehrte Form des Versuchs. Man fixire binocular zwei scheinbar verticale farbige Streifen, so dass dieselben im gemeinsamen Bilde zu einem Streifen verschmelzen. Entwirft man nun das Nachbild auf eine Ebene, welche stark zur Visirebene geneigt ist, so gelingt es zuweilen, dasselbe in der Form eines im Fixationspunkt sich kreuzenden Doppelbildes zu sehen: hier bezieht man also die Erregungen annähernd correspondirender Netzhautstellen auf verschiedene Objecte im Raume. Allerdings gelingt es in diesem Fall nicht immer, das Doppelbild zu sehen, sondern oft bleibt das Nachbild einfach; ich habe aber dann immer die deutliche Vorstellung, dass dasselbe nicht auf der vorgehaltenen Ebene liegt, sondern in der Luft steht. —

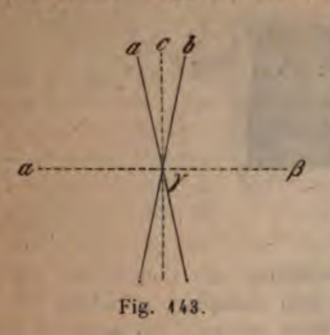


Fig. 143.

An den stereoskopischen Glanz reihen sich mehrere Erscheinungen, die, insofern sie auf die functionelle Beziehung der beiden Netzhäute zu einander Licht werfen, auch für die Theorie der binocularen Vorstellungen von Bedeutung sind, obgleich die meisten derselben nicht mehr dem Gebiet des natürlichen Sehens angehören, sondern sich nur künstlich durch stereoskopische Combination willkürlich gewählter Objecte hervorrufen lassen. Viele dieser Erscheinungen lassen sich mit dem Contrast, wie er sich bei den monocularen Lichtempfindungen geltend macht[2], in Analogie bringen, wir können sie daher als binocularen Contrast bezeichnen[3]. Wir haben gesehen, dass die Vorstellung von Spiegelung oder Glanz im allgemeinen dann entsteht, wenn beiden Augen Eindrücke von verschiedener Farbe oder Helligkeit dargeboten werden.

---

1) VOLKMANN, physiologische Untersuchungen im Gebiet der Optik, I. S. 169.
2) S. 406.
3) Vergl. meine Beiträge zur Theorie der Sinneswahrnehmung, S. 321 f.

Zugleich fordert aber diese Vorstellung zwei weitere Bedingungen; es müssen nämlich 1) die Eindrücke hinreichend verschieden sein, dass sie auf verschiedene Objecte, ein spiegelndes und ein gespiegeltes, bezogen werden können; und sie müssen 2) annähernd mit gleicher Intensität sich zur Wahrnehmung drängen. Ist die erstere Bedingung nicht erfüllt, bietet man z. B. Farben von sehr geringer Verschiedenheit, wie Orange und Gelb oder Blau und Violett u. s. w., so entsteht Mischung ohne Glanz. Ist die zweite Bedingung nicht erfüllt, so wird nur das eine Object aufgefasst, welches die Wahrnehmung stärker in Anspruch nimmt. Solches kann nun aber wieder von verschiedenen Ursachen abhängen. So kann das eine Object dadurch mehr gehoben sein, dass es mit dem Grund, auf welchem es liegt, stärker contrastirt als das andere: combinirt man z. B. ein dunkelrothes und ein hellgelbes Quadrat, beide auf weissem Grund, so wird durch den Contrast das Roth stärker gehoben, im Sammelbilde erscheint daher nur ein rothes Quadrat; legt man aber beide auf schwarzen Grund, so wird das Gelb mehr gehoben, und jetzt hat das Sammelbild die gelbe Farbe. Auf der nämlichen Ursache beruht es, dass, wenn man einen begrenzten farbigen Streifen mit seinem andersfarbigen Grunde zur binocularen Deckung bringt, der Streifen unverändert erscheint, als ob ihm von der Farbe des Grundes nichts beigemischt wäre. Eine andere Form desselben Versuchs zeigt die Fig. 144, bei welcher im binocularen Sammelbild derjenige



Fig. 144.

Theil der schwarzen Kreisfläche *B*, welcher sich mit dem mittleren weissen Kreis von *A* deckt, nicht glänzend erscheint, sondern vollkommen ausgelöscht wird. In Fig. 145 geben die Vierecke *A* und *B*, wenn man sie auf grauem Grunde combinirt, lebhaften Glanz; dieser verschwindet aber augenblicklich, wenn man, wie in *A'*, das weisse Viereck mit schwarzen Linien durchzieht: es nimmt dann das vereinigte Bild vollständig die Form *A'* an. Auch hier werden offenbar die kleinen weissen Vierecke in *A'* durch den Contrast mit ihren schwarzen Grenzlinien gehoben. Gibt man den beiden Objecten eine solche Beschaffenheit, dass sich ihre



Fig. 145.

Contouren in grösserem Abstande von einander befinden, so tritt nur eine partielle Verdrängung ein; es überwiegt dann in der Nähe jeder Grenzlinie derjenige Eindruck, welchem die betreffende Grenzlinie angehört. Bringt man z. B. die

beiden schwarzen Kreise in Fig. 146 *A* so zur Deckung, dass der kleinere in die Mitte des grösseren zu liegen kommt, so erscheint das Verschmelzungsbild *B*. Man erhält hierbei den Eindruck, als werde der kleinere Kreis samt seiner nächsten Umgebung durch den grösseren hindurch gesehen. Diese partielle Verdrängung führt also immer zur Vorstellung der Spiegelung und des Glanzes zurück. Die nämliche Erscheinung lässt sich auch in folgender Weise umkehren. Man blicke mit dem einen Auge durch eine offene Röhre auf eine helle Fläche; mit dem andern Auge blicke man durch eine gleiche Röhre, die aber vorne bis auf eine kleine Oeffnung verschlossen ist. Man sieht dann im

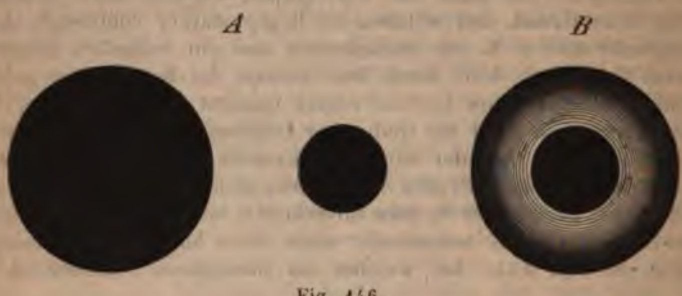


Fig. 146.

Sammelbild einen hellen Fleck umgeben von einem dunkeln Rand, welcher gegen die Peripherie hin allmälig heller wird. Aus dem Gesetz, dass Farben und Helligkeiten von geringer Verschiedenheit bei binocularer Vereinigung sich mischen, solche von grosser Verschiedenheit aber sich ganz oder theilweise verdrängen, erklären sich endlich noch folgende Beobachtungen, auf welche FECHNER aufmerksam machte[1]. Blickt man mit dem einen Auge frei in den Himmel, während das andere geschlossen ist, und bringt man dann vor dieses zweite Auge ein graues Glas, so wird, sobald man das geschlossene Auge öffnet, plötzlich das gemeinsame Gesichtsfeld verdunkelt. Diese Verdunkelung vermindert sich aber, wenn man ein helleres graues Glas wählt; und sobald die zu dem verdunkelten Auge zugelassene Helligkeit $\frac{2}{100}$ bis $\frac{3}{100}$ der vorhandenen Lichtintensität erreicht hat, so nimmt von da an die scheinbare Helligkeit im gemeinsamen Gesichtsfeld nicht mehr ab sondern zu. Die Helligkeit des monocularen Sehens ist nur wenig geringer als die des binocularen, weil das ganz verdunkelte Sehfeld durch das erhellte vollständig verdrängt wird, gerade so wie die dunkle Mitte der Fig. 144 *B* durch den hellen Kreis in *A*. Bringen wir aber ein graues Glas vor das Auge, so tritt in Folge der verminderten Helligkeitsdifferenz nicht mehr Verdrängung, sondern Mischung ein; diese muss zunächst Abnahme der Helligkeit zur Folge haben, bis die Lichtintensität im verdunkelten Auge hinreichend angewachsen ist[2].

Bei den bisherigen Erscheinungen hat es sich stets um binoculare Vorstellungen von bleibender Beschaffenheit gehandelt, ob dieselben nun aus den Eindrücken beider Augen sich zusammensetzten, oder aber mit vollständiger

[1] FECHNER, Abhandlungen der königl. sächs. Ges. der Wissenschaften VII, 1860. S. 416.

[2] WUNDT, Beiträge zur Theorie der Sinneswahrnehmung, S. 355.

ngung des einen Eindrucks verbunden waren. Dies wird wesentlich , wenn man solche Bedingungen herstellt, bei denen weder einfache ng noch Glanz oder Spiegelung eintreten kann, und bei denen zugleich der monocularen Eindrücke durch Contrast so sehr bevorzugt ist, dass ı andern verdrängt. In diesem Falle tritt ein Phänomen ein, welches

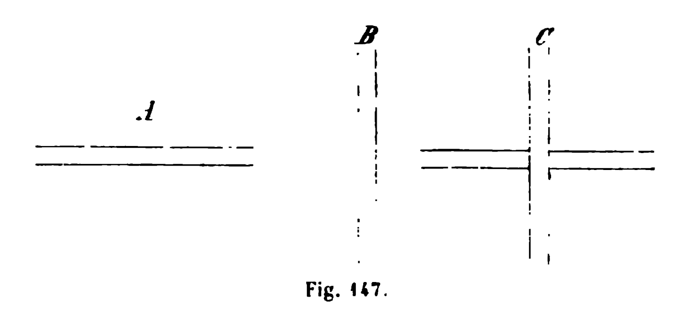


Fig. 147.

s Wettstreit der Sehfelder bezeichnet hat. Der letztere besteht in einer ıümlichen Unruhe der Vorstellung, bei welcher abwechselnd das eine Bild ıdere auslöscht, und wobei im Moment dieses Uebergangs nicht selten der Eindruck von Glanz entsteht. Einen auffallenden Wettstreit erhält

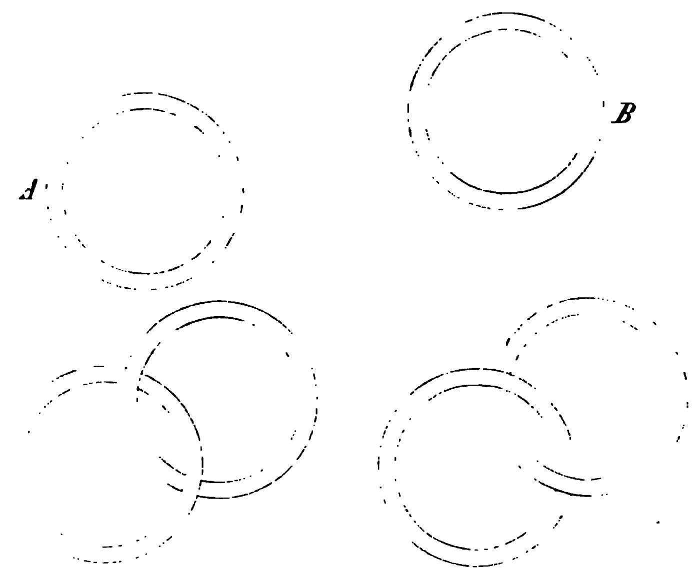
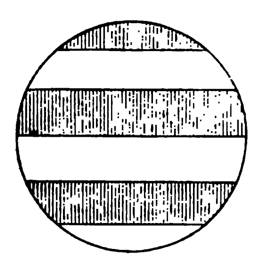


Fig. 148.

B., wenn man verschiedene Buchstaben, wie *B* und *C*, *A* und *F*, in Druckschrift stereoskopisch combinirt: hierbei löschen namentlich die ırchkreuzenden Contouren der beiden Buchstaben einander abwechselnd)as einfachste Beispiel dieser Verdrängung sich kreuzender Contouren gibt

die Fig. 147. Hier bleiben, wenn man *A* und *B* stereoskopisch vereinigt, sowohl das verticale Linienpaar wie das horizontale bestehen, nur an der Durchkreuzungsstelle tritt abwechselnd das eine oder das andere in den Vordergrund: es entsteht also entweder ein Bild wie *C* oder wie die um 90° gedrehte Fig. *C*. Zieht man auf der einen Seite oder auf beiden mehrere parallele Linienpaare in grösserem Abstande von einander, so zeigt sich, dass für alle in jedem Augenblick dieselbe Art der Verdrängung existirt: es treten also immer entweder die verticalen oder die horizontalen Linien an allen Kreuzungsstellen gleichzeitig in den Vordergrund. Dasselbe bemerkt man bei der stereoskopischen Combination der beiden absichtlich in ungleicher Höhe angebrachten Ringe *A* und *B* in Fig. 148. Das Sammelbild zeigt entweder die in *A* oder die in *B* gezeichnete Form: bei der ersteren überwiegen aber die verticalen, bei der



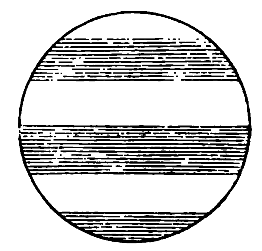


Fig. 149.

letzteren die horizontalen Contouren. Leichter ist es, ein Sammelbild festzuhalten, in welchem beide Eindrücke unverändert fortbestehen, wenn, wie in Fig. 149, in beiden Zeichnungen Linien von entgegengesetzter Richtung gezogen sind, welche sich aber nicht durchkreuzen. Dieses Beispiel steht gewissermaassen in der Mitte zwischen dem Fall, wo die Linien gleiche Richtung haben, und demjenigen, wo sich Linien ungleicher Richtung durchkreuzen. Im ersten Fall setzen sich die beiden monocularen Bilder zu einem ruhenden Gesammtbild zusammen, im zweiten tritt immer abwechselnde Verdrängung auf. In Fig. 149 kann zeitweise ein zusammengesetztes Sammelbild erscheinen, zeitweise drängt sich aber das eine oder das andere Bild allein zur Vorstellung. Dies ist offenbar, wie in Fig. 148, dadurch verursacht, dass bald die verticale, bald die horizontale Linienrichtung bevorzugt wird. Hiermit lässt sich die Meinung, dass der Wettstreit durch die abwechselnde Aufmerksamkeit auf das eine oder andere Bild hervorgerufen werde, nicht wohl vereinbaren. Schon FECHNER hat bemerkt, dass, wenn die Aufmerksamkeit die Wettstreitsphänomene bestimme, dies immer nur insofern geschehe, als sie überhaupt eine Veränderung verursacht, ohne jedoch die Richtung der letzteren zu entscheiden[1]. Dagegen zeigt sich, dass die Augenbewegungen auf diese Richtung des Wettstreits von wesentlichem Einflusse sind. Man ist im Stande bei den Figuren 147—149 willkürlich die verticalen oder horizontalen Contouren im Sammelbilde hervortreten zu lassen, wenn man der Augenbewegung die ent-

[1] a. a. O. S. 401.

sprechende Richtung gibt: in Fig. 148 gehören dann die in den Vordergrund tretenden Contouren sogar verschiedenen monocularen Bildern an. *Es ist also beim Wettstreit immer dasjenige Bild bevorzugt, dessen Contouren in gleicher Richtung mit der zufällig oder absichtlich gewählten Blickbewegung verlaufen*[1]. Dieser Einfluss bezeugt von einer andern Seite her den wichtigen Einfluss, welchen die Bewegung des Auges auf die Gesichtswahrnehmung ausübt. Durch die Augenbewegungen kann endlich auch noch bei solchen Objecten, die sich ihrer Beschaffenheit nach eigentlich nicht zum Wettstreite eignen, der letztere erscheinen. Bei farbigen Quadraten z. B., von denen bei vollständiger Deckung das eine durch Contrast das andere verdrängt, kann, sobald die Deckung etwas unvollständig wird, durch den Einfluss der Contour stellenweise das zuerst verdrängte ausschliesslich zur Wahrnehmung gelangen. So erklärt es sich, dass man früher den Wettstreit weit über das ihm eigentlich zukommende Gebiet ausdehnte. Man glaubte, bei der binocularen Combination nicht zusammen passender Objecte sei nur zweierlei möglich, entweder Mischung oder Wettstreit; wir haben aber gesehen, dass ausserdem noch Glanz und vollständige Verdrängung vorkommen können, ja dass dieselben im Ganzen die Normalfälle bilden. Die Mischung geht, sobald sich Helligkeit oder Farbenton der beiden Objecte nicht sehr nahe stehen, unmittelbar in Glanz über. Auch gleicht schon bei der Mischung in der Regel keineswegs vollständig die Empfindung derjenigen, welche bei der Mischung monocularer Eindrücke stattfindet, sondern es überwiegt, je nach dem Verhältniss der Objecte zu ihrem Grund, die eine oder andere Farbe oder Helligkeit, ein Beweis, dass es sich in Wirklichkeit nicht um eine einfache Mischung der Reize handelt. Die Grunderscheinungen für alle diese Fälle binocularer Farben- und Helligkeitsmischung sind die Spiegelung und der Glanz. Wir können uns vorstellen, bei der *Mischung* besitze das nach verschiedener Richtung gespiegelte Licht nur einen sehr geringen Helligkeits- oder Farbenunterschied; die stereoskopische Combination gibt hier in der That keinen andern Eindruck, als ihn ein Körper erwecken würde, der für beide Augen etwas verschieden beleuchtet wäre; es entsteht also im Grunde nur ein binocularer Glanz geringsten Grades. Bei der *Verdrängung* liegt derselbe Fall vor, wie er in Wirklichkeit bei der Betrachtung eines gespiegelten Gegenstandes stattfindet, der durch Farbe und Lichtstärke so sehr die Aufmerksamkeit auf sich zieht, dass die spiegelnde Fläche ganz übersehen wird. Was endlich die Wettstreitsphänomene betrifft, die den Vorkommnissen des natürlichen Sehens im allgemeinen widerstreiten, so spielen auch in sie immer noch die Spiegelungserscheinungen hinein. An den Stellen, wo das eine Object das andere verdrängt, glauben wir durch dieses hindurchzusehen: doch kann es dabei nicht mehr zu einer ruhigen Auffassung kommen, weil jedes Object ebenso gut als durchsichtiges wie als hindurchgesehenes vorgestellt werden kann. Das ganze Gebiet der hier besprochenen Erfahrungen bestätigt somit die Schlussfolgerung, *dass die Eindrücke beider Augen stets zu einer einzigen Vorstellung verschmelzen*. Wo sich die beiden Netzhautbilder nicht auf ein einziges Object beziehen lassen, da kommt es zu eigenthümlichen Erscheinungen, die wir bald als Spiegelung und Glanz bald als Wettstreit der

[1] WUNDT, Beiträge zur Theorie der Sinnesw. S. 362.

Sehfelder bezeichnen, bei denen aber immerhin die Eindrücke ebenfalls in ein Vorstellen vereinigt werden[1].

Auf die nahe physiologische Beziehung der zwei Augen zu einander, welche durch die Erscheinungen der stereoskopischen Wahrnehmung und des binocularen Glanzes bezeugt wird, weist endlich noch die von FECHNER gefundene Thatsache hin, dass die nämliche Wechselwirkung, die nach den Contrastgesetzen[2]) zwischen verschiedenen Stellen einer und derselben Netzhaut besteht, auch für das Verhältniss beider Netzhäute zu einander nachzuweisen ist. Wenn man die eine Netzhaut mit einer Farbe reizt, so erscheint die gleichzeitig mit gedämpftem weissem Lichte gereizte andere Netzhaut in der Complementärfarbe. Ist die gereizte Stelle der ersten Netzhaut nur eine beschränkte, so breitet sich trotzdem die entgegengesetzte Farbenstimmung über die ganze andere Netzhaut aus; diese Wechselbeziehung besteht also nicht etwa bloss zwischen correspondirenden sondern zwischen irgend beliebigen Stellen. Als eine unmittelbare Folge davon beobachtet man, dass, wenn beide Netzhäute mit zu einander complementären Farben erregt werden, die zurückbleibenden einander complementären Nachbilder von ungleich längerer Dauer sind als bei gleichfarbiger Reizung[3]. So sehr alle diese Erscheinungen der früher verbreiteten Ansicht eines Identitätsverhältnisses der zwei Netzhäute widersprechen, wonach Eindrücke auf identische Stellen dieselbe Mischempfindung wie die Reizung einer einzigen Netzhautstelle hervorbringen sollten, so zeigen sie doch anderseits auch, dass die beiden Netzhäute in inniger Wechselwirkung stehen, indem 1) alle diejenigen Erscheinungen, welche von der Durchsichtigkeit der Objecte oder ihrer Eigenschaft Reflexbilder zu entwerfen herrühren, in derselben Weise durch binoculare wie durch monoculare Mischung der Eindrücke hervorgebracht werden können, und indem 2) Farben und Helligkeiten ebensowohl im Verhältniss zu den Eindrücken der andern Netzhaut wie im Verhältniss zur Erregung umgebender Theile derselben Netzhaut empfunden werden. Diese beiden Wechselwirkungen stehen aber offenbar in naher Beziehung zu der Regel, dass die Bilder der zwei Augen zu einer Vorstellung vereinigt werden.

Die Form, welche wir dem ganzen Sehfelde geben, die Richtung und Lage, die wir den einzelnen Objecten in demselben anweisen, sowie die Abmessung seiner Dimensionen sind abhängig von den Bewegungen des Auges. Erst das Doppelauge ist aber zur genaueren Auffassung der Tiefenentfernung der Theile des Sehfeldes im Verhältniss zu einander und zum Sehenden befähigt; es vermittelt so jene Vielgestaltigkeit der Sehfeldfläche in der unmittelbaren Wahrnehmung, welche das monoculare Sehen nur mit Hülfe secundärer Merkmale der Vorstellung, und daher niemals mit der Frische des direct Empfundenen gewinnen kann.

---

[1] Ueber verschiedene von der obigen Theorie abweichende Erklärungen des monocularen und binocularen Glanzes vergl. meine Beiträge zur Theorie der Sinneswahrnehmung, S. 301 f.

[2] Vergl. Cap. IX S. 417.

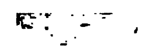
[3] FECHNER, Abhandl. der sächs. Gesellschaft, S. 469 f.

Der Einfluss der Bewegungen bleibt auch für das ruhende Auge bestehen. Zwar sind die Wahrnehmungen des letzteren unbestimmter als diejenigen, welche in dem Gefolge der Bewegungen gewonnen werden, und überall wo wir nach einer deutlichen Auffassung streben, nehmen wir daher die Bewegung zu Hülfe: im Ganzen aber bildet das ruhende Auge seine Vorstellungen nach Regeln, die den Bewegungsgesetzen gemäss sind, und von denen wir daher annehmen müssen, dass sie sich mit Hülfe der Bewegung erst festgestellt haben. Das ruhende Einzelauge misst vorher nie gesehene Objecte nach der Innervationsanstrengung ab, die zum Durchlaufen ihrer Dimensionen erforderlich wäre; und das ruhende Doppelauge schätzt unmittelbar das Tiefenverhältniss indirect gesehener Punkte nach dem Lageverhältniss der ihnen entsprechenden Deckpunkte zum Blickpunkt. Aus dieser Thatsache folgt, dass an die Reizung eines jeden Netzhautpunktes ein Bewegungsgefühl gebunden sein muss, welches nicht erst der wirklich ausgeführten Bewegung bedarf, sondern in Bezug auf seine Richtung und annähernd sogar in Bezug auf seine Grösse bestimmt sein muss. Doch zeigen die Beobachtungen über die Abmessung der Objecte und die Verschmelzung stereoskopischer Bilder bei momentaner Erleuchtung, dass jenes Bewegungsgefühl hinsichtlich seiner Richtung bestimmter ist als hinsichtlich seiner Grösse. Denn die Richtung der Contouren im monocularen Sehen und die Richtung des Reliefs bei stereoskopischen Combinationen nimmt das ruhende Auge vollkommen sicher wahr. Die Vorstellungen über das Grössenverhältniss der Dimensionen und über die Grösse des Reliefs sind aber viel unsicherer; leicht treten daher auch bei starrer Fixation die Deckstellen des binocularen Sehfeldes, falls sie nicht correspondirende Punkte sind oder ihnen sehr nahe liegen, zu Doppelbildern aus einander. Nun haben uns die Erfahrungen am Tastorgan gelehrt, dass die Innervationsgefühle höchst wahrscheinlich nur die Vorstellung von der Kraft der Bewegung vermitteln, dass sie aber schon auf die Vorstellung vom Umfang derselben bloss von mitbestimmendem Einflusse sind, und dass wir dagegen die Lage des tastenden Gliedes und demnach auch die Richtung, in welcher dasselbe bewegt wird, nur mittelst der Tastempfindungen auffassen [1]. Uebertragen wir dies auf das Auge, so wird anzunehmen sein, dass sich mit dem Innervationsgefühl, welches ein gegebener Netzhauteindruck im indirecten Sehfelde wachruft, immer zugleich die an die Bewegung des Auges gebundene Tastempfindung, welche von dem Druck auf die sensibeln Theile der Orbita herrührt, reproducirt. Das qualitativ gleichförmige Innervationsgefühl wird auch hier erst durch die begleitende Tastempfindung in Bezug auf die Richtung der intendirten Be-

[1] Vergl. S. 488 f.

wegung bestimmt. Die Unsicherheit der reproducirten Empfindung im Vergleich mit dem unmittelbaren Eindruck erklärt die geringere Sicherheit der Grössenabmessung. Die geringere Stärke der reproducirten Empfindung begründet die Neigung, bei ruhendem Auge die Dimensionen des Sehfeldes und die Grösse eines Reliefs kleiner zu schätzen als bei der Bewegung. Mit dem stärkeren Innervationsgefühl ist im allgemeinen eine grössere Lageabweichung des Augapfels verbunden. So begreift es sich, dass, wenn in Folge einer Parese der zu einer gegebenen Bewegung erforderliche motorische Impuls wächst, die Lageänderung des Auges und so auch die Ausdehnung in der betreffenden Richtung überschätzt wird. Aber da bei wirklich ausgeführter Bewegung die Tastempfindungen allmälig der verschobenen Scala der Innervationsgefühle sich wieder anpassen, so ist anderseits die leichte Ausgleichung solcher Störungen verständlich. Die Innervationsgefühle sind demnach mit den durch die Tastempfindungen erweckten Lagegefühlen des Augapfels innig verknüpft, so dass wir mit einem gegebenen Innervationsimpuls immer zugleich die bestimmte Vorstellung der Richtung und die ungefähre Vorstellung der Grösse der intendirten Bewegung verbinden. Es ist möglich, dass der Netzhautempfindung selbst, ebenso wie der Tastempfindung, eine locale Färbung anhaftet, welche die Localisation unterstützen hilft. In der That lässst sich hierher wohl die Beobachtung beziehen, dass auf den Seitentheilen der Netzhaut die qualitative Beschaffenheit der Empfindung undeutlicher wird[1]. Es lassen sich dann diese Localzeichen der Netzhaut einfach als zugehörig dem System peripherischer Sinnesempfindungen betrachten, welches neben den centralen Innervationsgefühlen zur räumlichen Ordnung erfordert wird. Es wäre namentlich denkbar, dass mittelst jener Localempfindungen die Entfernung der indirect gesehenen Punkte vom Netzhautcentrum genauer als mittelst der blossen Tastempfindungen abgeschätzt würde. Denn obgleich die localen Empfindungsunterschiede der Netzhaut als solche immer erst in grösseren Distanzen wahrnehmbar sind, so könnte es doch sein, dass schon unmerkliche Abstufungen derselben als Zeichen von Ortsunterschieden der gesehenen Objecte gebraucht werden, indem, ähnlich wie beim Tastsinn, die gewohnte Beziehung auf örtliche Verhältnisse die Ursache ist, dass wir die zu Grunde liegende qualitative Differenz übersehen. Dagegen ist es zweifelhaft, ob die Richtungen des Sehens vermittelst der Localzeichen der Netzhaut zu unterscheiden sind. Denn es ist nicht nachweisbar, dass die letzteren nach den einzelnen Meridianen in verschiedenem Sinne sich ändern, während wir mittelst der Tastempfindungen im Stande sind genau die Richtung aufzufassen, in welcher

[1]) Vergl. S. 404.



das Auge bewegt wird. Ebenso wissen wir durch dieselben, wies es scheint, ob sich das rechte oder linke Auge bewegt; es ist daher wahrscheinlich, dass wir auch bei Eindrücken auf das ruhende Doppelauge mittelst der Localzeichen des Tastsinns die Beziehung auf rechtes und linkes Auge ausführen. Diese Beziehung geschieht stets in der richtigen Weise, wie aus der sichern Unterscheidung des erhabenen und vertieften Reliefs hervorgeht. In Fig. 130 (S. 593) sehen wir den Kegel nie anders als erhaben, ebenso bei der Vertauschung der Bilder vertieft. Wären aber die Localzeichen der beiden Augen nicht von einander verschieden, so könnten diese zwei Fälle in der Vorstellung nicht getrennt werden. Das nämliche gilt von der Richtung, welche wir den Contouren im Sehfelde anweisen, speciell also auch von der Regel, dass wir die Objecte aufrecht sehen, gemäss ihrer wirklichen Lage im Raume, nicht verkehrt, wie das Netzhautbild sie darstellt. Indem wir den Gegenstand von seinem oberen bis zu seinem unteren Ende mit dem Blick verfolgen, muss sich die Vorstellung bilden, dass sein oberes Ende unserm Kopf, sein unteres unseren Füssen in seiner Lage entspreche.

So ist denn die Gesichtsvorstellung im wesentlichen auf denselben Process zurückgeführt, der die räumliche Ordnung der Tastempfindungen vermittelt[1]. Die Localzeichen peripherischer Sinnesempfindungen, Tast- und Netzhautempfindungen, verschmelzen mit intensiv abgestuften Innervationsgefühlen zu untrennbaren Complexen. Was aber die Gesichtsvorstellungen auszeichnet, ist die Beziehung jener Empfindungscomplexe auf einen einzigen Punkt, das Netzhautcentrum. Dieses Verhältniss zum Blickpunkt, welches die genaue Ausmessung des Sehfeldes wesentlich unterstützt und die functionelle Verbindung der beiden Augen zum Doppelauge erst möglich macht, wurzelt in den Bewegungsgesetzen. Insofern die letzteren in einem angeborenen centralen Mechanismus ihren Grund haben, bringt daher das Individuum eine vollständig entwickelte Disposition zur unmittelbaren räumlichen Ordnung seiner Lichtempfindungen in die Welt mit. Mag aber auch desshalb die Zeit, die zwischen der ersten Einwirkung der Netzhauteindrücke auf das Auge und der Vorstellung verfliesst, unter Umständen verschwindend klein sein, so ist doch ein bestimmter psychologischer Vorgang anzunehmen, der die Vorstellung erst verwirklicht. Dieser Vorgang kann, wie bei den Tastvorstellungen, als eine Synthese bezeichnet werden, weil das entstehende Product Eigenschaften zeigt, welche in dem sinnlichen Material, das zu seiner Bildung verwandt wurde, nicht vorhanden sind. Diese Synthese besteht wieder in einer Abmessung qualitativ veränderlicher peripherischer Sinnesempfindungen durch die in-

[1] Vergl. Cap. XII. S. 480 f.

tensiv abgestuften centralen Innervationsgefühle. Da jedes Auge nach zwei Hauptrichtungen gedreht werden kann (Hebung und Senkung, Aussen- und Innenwendung), zwischen denen alle möglichen Uebergänge stattfinden, jeder Stellung aber ein bestimmter Complex peripherischer Empfindungen (Tastempfindungen und Localzeichen der Netzhaut) entspricht, so bilden die letzteren, die wir nun auch zusammen als Localzeichen betrachten können, ein Continuum von zwei Dimensionen. Diese Dimensionen sind aber ungleichartig, weil nach jeder Richtung die Localzeichen in anderer Weise sich ändern. Indem die Innervationsgefühle, welche ein Continuum von einer Dimension bilden, jenes ungleichartige Continuum der Localzeichen nach allen Richtungen ausmessen, führen sie dasselbe auf ein gleichartiges Continuum von zwei Dimensionen, also auf eine Raumoberfläche zurück. So entsteht das monoculare Sehfeld, als dessen Hauptpunkt vermöge der Beziehung der Innervationsgefühle und Localzeichen auf das Netzhautcentrum der Blickpunkt erscheint, und dessen allgemeinste Form wegen der Verschiebungen des Blickpunktes bei der Bewegung die um den Drehpunkt des Auges oder den Mittelpunkt der Verbindungslinie beider Drehpunkte gelegte Kugeloberfläche ist. Dabei ist aber die Entfernung des Blickpunktes vom Sehenden, also der Halbmesser des kugelförmigen Sehfeldes im monocularen Sehen nur durch den jeweiligen Accommodationszustand einigermaassen limitirt. Eine festere Bestimmung erfolgt erst im binocularen Sehen in Folge des Gesetzes, dass beide Augen stets einen gemeinsamen Blickpunkt besitzen. Zugleich wird nun aber die Form des Sehfeldes eine wechselndere, indem der gemeinsame Blickpunkt Oberflächen von der verschiedensten Form durchwandern kann. Demnach wird denn auch die Verbindung der Localzeichensysteme beider Augen mit den Innervationsgefühlen des Doppelauges eine variable. Es kann z. B. ein Localzeichen a des rechten Auges mit einem Zeichen α' des linken sich verbinden, wo beide einem Punkt 10° nach links vom Blickpunkt entsprechen. An diese Verbindung $a\ \alpha'$ wird dann ein Innervationsgefühl des Doppelauges von 10° geknüpft sein. Es kann sich aber auch das Zeichen a etwa mit einem andern α' verbinden, welches einem nur um 5° links gelegenen Punkte zugehört: dann wird der Verbindung $a\ \alpha'$ ein anderes Innervationsgefühl entsprechen, welches aus Linkswendung und Convergenz zusammengesetzt ist. Bezeichnen wir den Abstand eines jeden Netzhautpunktes vom Netzhauthorizont als Höhenabstand, denjenigen vom verticalen Netzhautmeridian als Breitenabstand, so sind demnach im allgemeinen nur die Localzeichen von Punkten, die gleichen Höhenabstand haben, einander zugeordnet, dagegen können die Breitenabstände derjenigen Punkte, deren Localzeichen sich verbinden, bedeutend wechseln, und jedesmal verändert sich damit auch das Innervationsgefühl des Doppel-

auges. Welche Verbindung von Localzeichen, und welches combinirte Innervationsgefühl wirklich stattfindet, darüber entscheidet im allgemeinen der Lauf der Fixationslinien im gemeinsamen Sehfeld[1]). Es werden also diejenigen Punkte einander zugeordnet, welche objectiv übereinstimmende Merkmale erkennen lassen, wobei jedoch durch die normalen Bedingungen des Sehens gewisse Grenzen gezogen sind, und sich überdies die Localzeichen jener Punkte, die der gewöhnlichen Form des Sehfeldes entsprechen, leichter als andere mit einander verbinden. Demnach handelt es sich hier um eine complicirtere Synthese. Wir können uns dieselbe der Anschaulichkeit halber in zwei Acte zerlegen: in einen ersten, durch welchen mittelst Localzeichen und Innervationsgefühl des ersten Auges die Lage eines gegebenen Punktes *a* im Verhältniss zum Blickpunkt, und in einen zweiten, durch welchen dann beim Hinzutritt des zweiten Auges erst die Lage des Blickpunktes sowohl wie des Punktes *a* im Verhältniss zum Sehenden festgestellt wird. Denken wir uns das monoculare Sehfeld als eine Ebene, so können nun durch den Hinzutritt des zweiten Auges beliebige Theile des Sehfeldes aus der Ebene heraustreten. Diese geht in eine anders geformte, nach den speciellen Bedingungen des Sehens wechselnde Oberfläche über. In Wirklichkeit vollzieht sich natürlich dieser Vorgang in einem Acte: durch die Richtung der Gesichtslinien wird unmittelbar der gemeinsame Blickpunkt, durch die Localzeichen die Richtung, durch die Innervationsgefühle die Grösse des Abstands vom Blickpunkt bestimmt. Geometrisch ist im monocularen Sehen nur eine einzige Oberfläche möglich, weil mit den nach zwei Dimensionen geordneten Localzeichen sich die Innervationsgefühle nur eindeutig verbinden lassen. Als binoculares Sehfeld ist eine beliebig gestaltete Oberfläche denkbar, weil sich mit den Elementen, die das eine Auge zur Messung liefert, diejenigen des andern in variabler, also vieldeutiger Weise verbinden können. Denken wir uns, um dies durch ein Gleichniss zu versinnlichen, einen festen Punkt und eine Gerade gegeben, die, von dem Punkte ausgehend, in jede beliebige Richtung soll gebracht werden können, so lässt sich mit diesen zwei Elementen nur eine einfache Oberfläche construiren, nämlich eine Kugeloberfläche oder, wenn die Gerade unendlich gross ist, eine Ebene. Denken wir uns dagegen zwei feste Punkte und zwei von denselben ausgehende Gerade von continuirlich veränderlicher Richtung, deren Schnittpunkte eine Oberfläche bilden sollen, so lässt sich mittelst dieser vier Elemente eine Oberfläche von beliebiger Gestalt gewinnen. In der That entspricht dieses Gleichniss den Verhältnissen, welche am Auge gegeben sind. Doch werden hier die Richtungen der erzeugenden Geraden, der

---

[1]) Vergl. S. 592.

Blicklinien, selbst erst mittelst der Localzeichen und Innervationsgefühle festgestellt.

Vermöge der Bewegungsgesetze des Auges sind diejenigen Richtungen des Sehens bevorzugt, für welche die Auffassungen des ruhenden und des bewegten Auges vollständig übereinstimmen. Dies sind die durch den Blickpunkt gehenden Richtlinien (S. 548), welche in dem kugelförmigen Blickfeld als grösste Kreise, in kleineren Strecken des Sehfeldes aber als gerade Linien erscheinen. Da nun bei der Ausmessung der Distanzen immer nur solche kleinere Strecken benutzt werden, so ist die Gerade für das Auge das natürliche Messungselement. Die Beschaffenheit der Richtlinien hat aber ihren physiologischen Grund in der Eigenschaft unserer Muskeln, ihre Ansatzpunkte um feste Axen zu drehen, woraus auch die ebene Beschaffenheit des Tastraumes hervorgeht[1]. Darum ist auch der Gesichtsraum ein ebener Raum, in welchem zur Construction der Sehfeldfläche drei Dimensionen erfordert werden.

Neben denjenigen Elementen, welche die ursprüngliche Synthese der Empfindungen erzeugen, sehen wir endlich die Gesichtsvorstellung noch von einer Reihe anderer Einflüsse abhängig, die sich schon durch ihren späteren Eintritt im Laufe des Lebens sowie durch grössere Wandelbarkeit als Bestimmungsgründe secundärer Art verrathen. Hierher gehören die Einflüsse der Perspective und Luftperspective, zufällig oder absichtlich wach gerufener Vorstellungen u. dergl. In allen diesen Fällen handelt es sich um eine Veränderung der Vorstellung durch Association. Auf diese kann man die ursprüngliche räumliche Synthese der Empfindungen nicht zurückführen, denn Association bedeutet stets eine Verbindung fertiger Vorstellungen, während bei der Synthese überhaupt erst aus einer gesetzmässigen Verbindung von Empfindungen Vorstellungen hervorgehen. Die Association kann daher immer nur auf der Grundlage schon gebildeter Gesichtsvorstellungen wirksam werden. So ist es ein deutlicher Fall von der Wirkung der Association, wenn wir in Fig. 139 S. 610 die an sich zweideutige Zeichnung nach dem Hinzufügen einer die Stufen hinaufsteigenden menschlichen Figur als Treppe auffassen. Die ursprüngliche Synthese enthält hier noch gar keine körperliche Vorstellung. Jener folgend müssten wir die Zeichnung als das auffassen was sie ist, als eine Zeichnung in der Ebene, und dies geschieht auch, sobald es uns gelingt alle Association fern zu halten. Führen wir aber keine feste Association ein, wie dies durch Hinzufügung des hinaufsteigenden Menschen geschieht, so knüpfen sich an ein derartiges Bild unwillkürlich Associationen mit verschiedenen früher gehabten Vorstellungen. Hier kann nun in unserem

---

[1] Vergl. S. 484.

Beispiel die Association eine doppelte sein, indem sie bald an die Vorstellung der Treppe bald an die des überhängenden Mauerstücks sich heftet. Das eigenthümliche Schwanken der Vorstellung beruht also nur auf der wechselnden Association mit Einbildungsvorstellungen. Ebenso erscheint eine ferne Gegend oder ein Gemälde in der ursprünglichen Synthese der Empfindungen als ebene Zeichnung ohne alles Relief. Nun kommen aber die Unterschiede der Schattirung und der Lauf der Contouren, welche die Perspective begründen, schon bei näheren Gegenständen vor, bei denen uns gleichzeitig die Synthese der Empfindungen des Doppelauges eine Vorstellung ihrer körperlichen Form verschafft: auch hier stellen wir uns daher die ebene Zeichnung durch Association mit solchen Erinnerungsbildern körperlich vor. Wo das Sehen von Anfang an nur monocular sich ausbildet, da wird wohl die Association mit Tastvorstellungen und mit den bei der Bewegung des Auges gewonnenen Anschauungen nahe gelegener Objecte aushelfen müssen. Es ist daher zu vermuthen, dass in solchen Fällen auch die aus Perspective und Schattirung entstandene Vorstellung der körperlichen Oberfläche nicht die Lebendigkeit erlangt, welche beim binocularen Sehen in Folge der Association mit der unmittelbaren Tiefenanschauung des Doppelauges möglich ist.

Ueber die Bildung der Gesichtsvorstellungen stehen eine nativistische und eine genetische Ansicht einander gegenüber. (Vergl. S. 479.) Von den älteren Philosophen und Physiologen werden beide meistens noch nicht strenge gesondert. Gewisse Eigenschaften der Gesichtsvorstellung, wie die räumliche Ordnung der Empfindungen überhaupt, die Wahrnehmung der Richtung der Objecte, werden als angeboren, andere, wie die Beurtheilung der Entfernung und Grösse, als durch Erfahrung erworben betrachtet. Es hängt dies mit der schon von Cartesius[1] sehr bestimmt ausgesprochenen Meinung zusammen, dass der Raum ein Bestandtheil unserer Wahrnehmung sei, welchem allein eine objective Wahrheit zukomme, während Licht, Farbe, überhaupt die Qualität der Empfindung als eine dunklere oder, wie es Locke[2] zuerst ausdrückte, als eine bloss subjective Eigenschaft der Vorstellung angesehen wurden. In einer geläuterten Form tritt uns dieselbe Ansicht in Kant's Lehre von den Anschauungsformen entgegen, deren Einfluss auf die neuere Physiologie der Sinne bereits hervorgehoben wurde[3]. Durch sie angeregt stellte J. Müller den Satz auf, wir empfänden nicht nur unsere eigene Netzhaut unmittelbar in räumlicher Form, sondern die Grösse des Netzhautbildes sei sogar unsere ursprüngliche Maasseinheit für die Abmessung der Gesichtsobjecte[4]. Uebereinstimmend liegende Punkte beider Netzhäute sind nach ihm einem einzigen Raumpunkte gleichwerthig; er führt dies auf das Chiasma der Sehnerven zurück, in welchem

[1] Principes de la philosophie II. Oeuvres publ. par Cousin t. III p. 120.
[2] Essay on human understanding. Book II Cap. VIII. §. 9 f.
[3] Vergl. S. 491 f.
[4] J. Müller, zur vergleichenden Physiologie des Gesichtssinns S. 56.

je eine Opticusfaser in zwei zu identischen Punkten verlaufende Fäden sich spalten soll[1]. Hiernach ist das ursprüngliche Sehen immer nur ein flächenhaftes, die Vorstellung über die verschiedene Entfernung der Objecte, die davon abhängige scheinbare Grösse derselben sowie die Tiefenwahrnehmung ist daher nicht angeboren sondern erst durch Erfahrung erworben[2]. Noch grössere Zugeständnisse machte VOLKMANN dieser letzteren, indem er zwar die Ursprünglichkeit der reinen Raumanschauung annahm, aber sogar die Vorstellung über die Richtung der Gegenstände und das Aufrechtsehen aus der Erfahrung ableitete, wobei er den Muskelgefühlen einen wichtigen Einfluss zuwies[3]. In Bezug auf das Doppelauge hielt er aber trotz der mittlerweile geschehenen Entdeckung des Stereoskops durch WHEATSTONE an der Identitätslehre fest[4]. Dieser zwischen Nativismus und Empirismus die Mitte haltende Standpunkt ist bis auf die neueste Zeit wohl in der Physiologie der herrschende gewesen. Eingehend ist er noch von A. CLASSEN vertheidigt worden[5]. Auch die philosophischen Ansichten SCHOPENHAUER's entsprechen im wesentlichen demselben: sie sind aber in zwei Beziehungen eigenthümlich: erstens durch die Unterscheidung der intellectuellen Operationen, welche den Einfluss der Erfahrung auf die Gesichtsvorstellungen begründen, als »intuitiver Verstandsfähigkeiten« von den bewussten Verstandeshandlungen[6], und zweitens durch die Anwendung des Causalprincips auf den Wahrnehmungsvorgang, indem SCHOPENHAUER die Beziehung der Eindrücke auf ein äusseres Object als eine Bethätigung des uns angeborenen Causalbegriffs ansieht[7].

Die Annahme, dass die angeborene Raumanschauung an und für sich durchaus subjectiv, und dass erst besondere Erfahrungen und Verstandeshandlungen erforderlich seien, um dieselbe auf äussere Objecte zurückzuführen, bietet nun aber insofern eine gewisse Schwierigkeit, als sich in der Erfahrung selbst ein Auseinanderfallen dieser beiden Acte nicht nachweisen lässt. So liegt denn der Versuch nahe, auch die Beziehung auf Aussendinge als eine angeborene anzusehen. Hierin wurzelt eine Modification der nativistischen Ansicht, welche wir die Projectionshypothese nennen können[8]. Sie besteht darin, dass man der Netzhaut die angeborene Fähigkeit zuschreibt, ihre Eindrücke in der Rich-

---

1) Ebend. S. 71 f. Vergl. oben S. 146.

2) J. MÜLLER, Handbuch der Physiologie II S. 361.

3) VOLKMANN, Art. Sehen in WAGNER's Handwörterbuch III, 1. S. 316, 340 f.

4) Ebend. S. 317 f. Archiv f. Ophthalmologie V, 2. S. 86.

5) CLASSEN, über das Schlussverfahren des Sehactes. Rostock 1863. Gesammelte Abhandlungen zur physiologischen Optik. Berlin 1868. Abhdl. I. u. III. CLASSEN hat zugleich die einzigen Erfahrungen, die von pathologischer Seite den Beobachtungen über die Umlagerung der correspondirenden Punkte beim concomitirenden Schielen (S. 596) gegenübergestellt werden könnten, hervorgehoben. Bei beschränkten Exsudatbildungen unter der Netzhaut pflegen nämlich Verzerrungen des Bildes einzutreten, deren Wiederbeseitigung bis jetzt nicht constatirt wurde. (Das Schlussverfahren des Sehens S. 32 f.) Doch sind, wie CLASSEN selbst zugesteht, diese seltenen Fälle so kurz zur Beobachtung gekommen, dass sie den thatsächlich gelieferten Beweis einer Umlagerung der correspondirenden Punkte nicht umstossen können.

6) SCHOPENHAUER, über das Sehen und die Farben. 2te Aufl. Leipzig 1854. S. 7.

7) SCHOPENHAUER, die vierfache Wurzel des Satzes vom zureichenden Grunde. 3te Aufl. Leipzig 1864. S. 51 f.

8) Dieser Ausdruck ist allerdings in viel weiterem Sinne gebraucht worden. Es scheint aber zweckmässig ihn auf jene Ansichten zu beschränken, welche eine angeborene oder mindestens eine fest gegebene Beziehung der Netzhautpunkte zu den Punkten im äusseren Raum voraussetzen.

tung bestimmter gerader Linien, entweder der Richtungsstrahlen oder der Visirlinien oder der durch den Krümmungsmittelpunkt gelegten Normalen, nach aussen zu verlegen. In dieser Weise ist z. B. von PORTERFIELD[1], TOURTUAL[2]), sowie von VOLKMANN in einer früheren Arbeit[3]) eine unmittelbare Projection nach aussen angenommen worden. Oft liegt diese Annahme auch bloss als stillschweigende Voraussetzung den physiologischen Untersuchungen zu Grunde, indem in der Regel die Richtungsstrahlen oder in neueren Arbeiten die Visirlinien als diejenigen Linien betrachtet werden, nach welchen regelmässig die Verlegung der Eindrücke in den Raum geschieht.

Sowohl die subjective Identitätshypothese wie die Projectionstheorie finden nun in den Erscheinungen des Binocularsehens unüberwindliche Schwierigkeiten. Die erstere erklärt nicht, warum wir thatsächlich auch solche Gegenstände einfach sehen, welche auf nicht-identischen Punkten sich abbilden. Zur Beseitigung dieser Schwierigkeit hat man verschiedene Hülfshypothesen ersonnen. BRÜCKE[4]) nahm an, dass sich die Verschmelzung in Folge von Augenbewegungen vollziehe, bei denen der Fixationspunkt über die verschiedenen Punkte eines Objectes hinwandere, während zugleich die Undeutlichkeit der indirect gesehenen Theile mitwirke. Diese Hypothese wurde aber durch die zuerst von DOVE[5]) ausgeführten Versuche widerlegt, welche zeigten, dass eine Verschmelzung stereoskopischer Objecte auch noch bei der instantanen Erleuchtung durch den elektrischen Funken geschehen kann. VOLKMANN[9]) nahm unbestimmtere psychische Thätigkeiten, theils die Unaufmerksamkeit auf Doppelbilder theils die Erfahrung über die thatsächliche Einfachheit der Objecte zu Hülfe. Dabei wurde aber von ihm der Einfluss der Tiefenvorstellung gar nicht berücksichtigt, während doch, sobald diese vorhanden ist, auch bei der grössten Aufmerksamkeit eine Verschmelzung eintreten kann. Die Erfahrung über die reale Einheit der Objecte hilft uns ferner, wo sonst die Bedingungen zu Doppelbildern gegeben sind, niemals zur Verschmelzung. An dem entgegengesetzten Uebelstand leidet die Projectionshypothese. Sie vermag die binocularen Doppelbilder nicht zu erklären. Wenn die Bilder nach den Richtungsstrahlen oder nach den von diesen sehr wenig abweichenden Visirlinien verlegt werden, so müssten wir eigentlich alles einfach sehen, da die einem leuchtenden Punkt entsprechenden Richtungsstrahlen in diesem Punkte sich schneiden. In der That ist nun beim gewöhnlichen Sehen die einfache Wahrnehmung so sehr vorherrschend, dass noch neuerlich DONDERS[7]) die Projectionshypothese in etwas limitirter Form, als einen wenigstens für die Mehrzahl der Fälle richtigen Ausdruck der Erscheinungen, vertheidigt hat. In anderer Weise suchte NAGEL[8]) die Schwierigkeiten dieser Hypothese zu beseitigen. Er nimmt nämlich eine unabhängige Projection der beiden Netzhäute auf zwei verschiedene Kugelflächen an, die sich im Fixationspunkte schneiden und beim Sehen in unendliche Ferne in eine einzige Ebene übergehen. Dabei hat aber NAGEL zugleich den Standpunkt der

---

1) On the eye. Edinburgh 1759. II p. 285.
2) Die Sinne des Menschen. Münster 1827.
3) VOLKMANN, Beiträge zur Physiologie des Gesichtssinns. Leipzig 1836.
4) MÜLLER's Archiv 1841. S. 459.
5) Berichte der Berliner Akademie. 1841. S. 252.
6) Archiv f. Ophthalmologie V, 2. S. 86.
7) Archiv f. Ophthalmologie XVII, 2. S. 7 f.
8) Das Sehen mit zwei Augen. S. 5, 99 f.

nativistischen Theorieen völlig verlassen, indem er die Projection nach den Visirlinien mittelst der Muskelgefühle zu Stande kommen lässt und entschieden gegen die Identitätshypothese auftritt, die übrigens auch bei der nativistischen Form der Projectionstheorie nicht aufrecht erhalten werden kann, obzwar man sich über diese Unverträglichkeit beider nicht immer klar gewesen ist. Die NAGEL'sche Theorie gibt nun im allgemeinen über die Entstehung der Doppelbilder Rechenschaft, doch steht sie mit der Thatsache in Widerspruch, dass das binoculare Sehfeld in Wirklichkeit eine ausserordentlich wechselnde Form hat, dass aber auch die häufigste Form, die dasselbe besitzt, für beide Augen eine gemeinsame Projectionsoberfläche darstellt, die in ihrem oberen Theil einer Kugeloberfläche, in ihrem untern der scheinbar ansteigenden Fussbodenebene zugehört (s. S. 598). Demgemäss stimmt denn die nach der NAGEL'schen Hypothese berechnete Lage der Doppelbilder für die meisten Fälle nicht genau mit der wirklichen Anschauung überein. Dies führt uns auf den Punkt, in welchem der Projectionstheorie in der That eine Wahrheit zu Grunde liegt. Dieselbe ist richtig, insoweit sie sich auf die Richtungen bezieht, nach welchen wir die Eindrücke nach aussen verlegen. Eine solche Verlegung muss von jedem einzelnen Auge nothwendig nach der Richtung der Visirlinien geschehen, welche bei ferneren Objecten nahe genug mit den Richtungsstrahlen zusammenfallen. Freilich können wir dies nicht als eine angeborene, auf einer ursprünglichen Netzhautenergie beruhende Einrichtung ansehen. Auch die Muskelgefühle allein halte ich nicht für zureichend, um die Vorstellung der Richtung daraus abzuleiten, sondern es scheint mir die Beobachtung in durchaus zwingender Weise auf die Mitbetheiligung jener peripherischen Sinnesempfindungen hinzuweisen, welche das Lagegefühl des Auges vermitteln helfen. Der wesentlichste Irrthum der Projectionstheorie liegt aber darin, dass sie nicht bloss die Richtungen, sondern auch die Punkte im Raum, in welche die Eindrücke verlegt werden, zu bestimmen sucht, indem sie die Kreuzungspunkte der Richtungsstrahlen oder Visirlinien als solche Punkte ansieht. Wir haben gesehen, dass die Eindrücke in diese verlegt werden können, dass sie aber nicht nothwendig in dieselben verlegt werden müssen[1].

Da die subjective Identitätshypothese zwar im allgemeinen über die Erscheinungen des Doppelsehens, nicht aber über die Verschmelzung der Doppelbilder und die Tiefenwahrnehmung, die Projectionshypothese über die letztere, dagegen nicht in zureichender Weise über die Doppelbilder Aufschluss gab, so suchte man in neuerer Zeit der nativistischen Theorie eine Form zu geben, in welcher sie wo möglich diesen beiden Ansprüchen gerecht werde. Alle diese Versuche gehen von der subjectiven Identitätshypothese aus. Sie nehmen an, dass ursprünglich und vorzugsweise nur Eindrücke identischer Stellen einfach empfunden werden: sie suchen dann aber andere, ebenfalls angeborene Hülfseinrichtungen zu ersinnen, welche unter Umständen auch die Verschmelzung nicht-identischer Eindrücke und die Tiefenvorstellung vermitteln können. Hier begegnet uns also der Versuch, die nativistische Theorie zugleich consequenter auszubilden, indem man nicht nur die ursprüngliche Ordnung des flächenhaften Sehfeldes, sondern auch das Entfernungsverhältniss der Raumpunkte zum Sehenden aus angeborenen Energieen ableitet. So nahm PANUM an, jedem Punkte der einen Netzhaut sei nicht bloss ein identischer Punkt, sondern ein corre-

[1] Siehe oben S. 588 f.

spondirender Empfindungskreis der andern zugeordnet. Mit identischen Punkten müsse, mit correspondirenden könne einfach gesehen werden, von der Parallaxe der verschmelzenden nicht-identischen Punkte sei aber das Tiefengefühl abhängig. Neben diesem, das er als Synergie der binocularen Parallaxe bezeichnet, nimmt PANUM noch eine binoculare Energie der Farbenmischung und eine ebensolche des Alternirens der Empfindungen an; die Begrenzungslinien werden von ihm als Nervenreize betrachtet, welche die verschiedenen Energieen vorzugsweise leicht wachrufen[1]. In dieser Theorie ist einfach jede Erscheinung auf eine ursprüngliche Eigenschaft der Netzhaut zurückgeführt. Wer also die Annahme nicht scheut, dass die Netzhaut mit sehr mannigfaltigen und verwickelten Fähigkeiten ausgestattet sei, könnte sie immerhin als einen Ausdruck der Thatsachen gelten lassen. Nun trifft es sich aber, dass die verschiedenen Energieen, die PANUM voraussetzt, mit einander in Widerspruch stehen: so die der Farbenmischung mit der des Alternirens der Eindrücke, so ferner die Verschmelzung identischer Punkte, welche, wie PANUM sagt, eintreten muss, mit der Verschmelzung nicht-identischer vermöge der Synergie der binocularen Parallaxe. Uebrigens hat PANUM das Verdienst auf die Bedeutung der dominirenden Linien im Sehfelde eindringlich hingewiesen zu haben, eine Bedeutung, welche denselben, wie wir gesehen haben, hauptsächlich dadurch zukommt, dass sie Fixationslinien abgeben, auf denen sich der Blickpunkt bewegen kann[2]. Weiter gebildet in der von PANUM eingeschlagenen Richtung wurde die nativistische Theorie durch HERING. Derselbe nimmt an, dass jeder Netzhauteindruck drei verschiedene Arten von Raumgefühlen mit sich führt: ein Höhen-, Breiten- und Tiefengefühl. Die beiden ersten bilden zusammen das Richtungsgefühl für den Ort im gemeinsamen Sehfeld, sie sind für je zwei identische Punkte von gleicher Grösse. Das Tiefengefühl dagegen hat für je zwei identische Punkte gleiche Werthe von entgegengesetzter Grösse, so dass denselben der Tiefenwerth null entspricht. Alle Bildpunkte, die diesen Tiefenwerth null haben, erscheinen durch einen unmittelbaren Act der Empfindung in einer Ebene, der Kernfläche des Sehraumes. Auf symmetrisch gelegenen Netzhautpunkten dagegen haben die Tiefengefühle gleiche und gleichsinnige Werthe, und zwar sind die letzteren positiv für die äusseren Netzhauthälften, d. h. ihre Bildpunkte liegen hinter der Kernfläche, sie sind negativ für die inneren Netzhauthälften, ihre Bildpunkte liegen vor der Kernfläche. Hierzu fügt dann auch HERING die Annahme, dass ursprünglich nur die Eindrücke identischer Punkte einfach empfunden werden, und dass sie fortwährend einfach empfunden werden müssen: die Verschmelzung nicht-identischer Punkte leitet er aus psychologischen Ursachen, insbesondere aus der Unaufmerksamkeit auf die verschiedene Grösse der Tiefengefühle ab. Wir sollen dann, wo eine solche Verschmelzung disparater Bilder eintritt, diese nach ihrem mittleren Tiefengefühl localisiren[3]. Auf diese Weise erklärt HERING die stereoskopischen Erscheinungen. Die Kernfläche des Sehraumes, welche der Ausgangspunkt für alle weiteren Ortsbestimmungen ist, soll ursprünglich nur in unbestimmte Entfernung versetzt und dann erst unter dem Einfluss der Erfahrung in bestimmtere Beziehung zum Sehenden gebracht wer-

[1] PANUM, über das Sehen mit zwei Augen. Kiel 1858. S. 59, 82 f.
[2] Seite 592.
[3] HERING, Beiträge zur Physiologie. Leipzig 1861—64. S. 159, 289, 323 f.

den. Eine in neuester Zeit von C. STUMPF entwickelte Hypothese trifft, was die ursprünglichen Raumgefühle der Netzhaut betrifft, mit HERING's Ansichten nahe zusammen[1]. Doch setzt STUMPF keine einfache Kernfläche des Sehraumes, sondern, ähnlich wie früher NAGEL, für jedes Auge eine Kugeloberfläche als besondere Projectionssphäre voraus; ferner vermuthet er, dass die Tiefengefühle aus verschiedenen Momenten, wie Accommodation, Convergenz, undeutlich gesehenen Doppelbildern u. s. w., hervorgehen, welche als Localzeichen der Tiefe wirken[2]. Auch in diesen Theorieen liegt wieder der Widerspruch, dass wir nach ihnen mit identischen Stellen einfach sehen müssen, während doch zugegeben wird, dass man unter Umständen auch mit disparaten Punkten einfach sehen kann. Consequenter Weise würde dies dahin führen, dass wir je einen Punkt der einen Netzhaut gleichzeitig mit zwei der andern verschmelzen können. Um dies zu vermeiden, nimmt man Unaufmerksamkeit, ungenaue Fixation und dergl. zu Hülfe, ohne Rücksicht darauf, dass bei Ausschluss jeder Augenbewegung die Verschmelzung eintritt, sobald nur die Tiefenvorstellung sich vollzieht, und dass dagegen, wenn die letztere nicht zu Stande kommt, unter allen Umständen die Doppelbilder erscheinen. Die Bewegung unterstützt also offenbar nur desshalb die Verschmelzung, weil sie die Ausbildung der Tiefenvorstellung begünstigt. Die grosse Reihe von Erfahrungsbelegen, welche den Einfluss der Bewegung auf die Ausmessung des Sehfeldes darthun, lässt diese Theorie ganz unberücksichtigt oder bringt dafür höchst gezwungene Erklärungen, wie z. B. die von HERING und KUNDT aufgestellte Sehnentheorie[3]. HERING's Behauptung, dass alle Bildpunkte identischer Stellen in einer Ebene erscheinen, widerspricht der Beobachtung. Wäre sie richtig, so müsste z. B. eine Cylinderfläche, die im Verticalhoropter gelegen ist (S. 601), als Ebene erscheinen: dies ist aber durchaus nicht der Fall, sondern man erkennt sehr deutlich ihre cylindrische Wölbung. Nicht minder widersprechen HERING's Aufstellungen über die Tiefengefühle der Beobachtung. Es müssten z. B. die Doppelbilder eines seitlich und in anderer Entfernung als der Fixationspunkt gelegenen Objectes einen verschiedenen Tiefenwerth haben, das eine müsste vor, das andere hinter dem Fixationspunkte erscheinen. HERING selbst gesteht zu, dass dies in der Regel nicht der Fall ist; doch soll nach ihm bei vollkommen starrer Fixation auf Momente eine solche Täuschung eintreten. Im monocularen Sehen müssten alle Objecte aus ihrer Lage gerückt scheinen. Von einer zur Antlitzfläche parallelen Ebene bildet sich die innere Hälfte auf den äussern, die äussere Hälfte auf den innern Theilen der Netzhaut ab: die ganze Ebene müsste also mit ihrer innern Seite vom Sehenden weggekehrt scheinen. In allen solchen Fällen soll nun nach HERING die Erfahrung die Objecte, welche durch die Empfindung verkehrt localisirt werden, wieder an ihre richtige Stelle rücken. Aber ein so enormer Einfluss der Erfahrung, wie er hier vorausgesetzt wird, lässt nirgends sich nachweisen. Wenn wir durch einen an der Nasenseite auf das Auge ausgeübten Druck ein Druckbild hervorbringen, so hätte uns Erfahrung längst belehren können, dass diesem Reiz kein schläfenwärts gelegenes Object entspricht. Ueber die wahre Richtung indirect gesehener Linien sollten uns ebenso die Erfahrungen, die wir bei der directen

---

[1] C. STUMPF, über den psychologischen Ursprung der Raumvorstellung. Leipzig 1873.
[2] a. a. O. S. 217 f.
[3] Siehe oben S. 569.

Besichtigung solcher Linien machen, leicht belehren können. Aber die Beobachtung zeigt eben, dass uns über solche Täuschungen der Lage und Richtung, welche in der ursprünglichen Einrichtung des Sehorgans begründet sind, alle Erfahrung nicht hinweghilft. So ist es denn ein merkwürdiges Verhängniss, dass gerade diejenige Form der nativistischen Hypothese, welche möglichst alle Momente der Gesichtsvorstellung auf angeborene »Energieen der Sehsinnsubstanz« zurückführen möchte, schliesslich sich genöthigt sieht der Erfahrung den verwegensten Spielraum zu lassen, um einigermaassen zwischen Annahme und Beobachtung einen Einklang zu Stande zu bringen.

Die genetische Theorie kann auch bei den Gesichtsvorstellungen wieder auf verschiedenen Grundlagen aufgebaut werden. Zunächst lässt sich an den thatsächlichen Einfluss der Erfahrungsmomente, der ja von den meisten Nativisten ebenfalls zugestanden wird, anknüpfen, indem man die Bildung der Gesichtsvorstellungen durchaus als eine von der Erfahrung bestimmte Beziehung der Eindrücke auffasst. So entsteht die empiristische Theorie, die sich an Locke anschliesst, und deren Hauptbegründer Berkeley ist. Als ein wesentliches Hülfsmittel der Gesichtsvorstellungen zieht derselbe die Tastempfindungen herbei [1], ein Zug, der seither meistens der empiristischen Theorie eigen geblieben ist [2]. Diese ist in zwei verschiedenen Formen dargestellt worden, deren eine wir die logische Theorie, die andere die Associationstheorie nennen können. Beide werden nicht immer strenge aus einander gehalten. Berkeley's eigene Ausführungen stehen in der Mitte, nähern sich aber im Ganzen mehr der ersteren. Die meisten Ansichten, welche zwischen Nativismus und Empirismus zu vermitteln suchen, bedienen sich, wo sie die Erfahrung zu Hülfe nehmen, der logischen Hypothese. Diese ist, da Erfahrung überall auf Urtheilen und Schlüssen über den Zusammenhang der Gegenstände beruht, offenbar die naheliegendste Form der Erfahrungstheorie. Bei Berkeley und den meisten Vertretern des beschränkteren Empirismus wird geradezu eine bewusste Verstandesthätigkeit angenommen. In neuerer Zeit wurde dem ein unbewusstes Urtheilen und Schliessen substituirt, indem man mit Recht darauf hinwies, dass wir in diesem Fall zwar die Vorgänge in die logische Form bringen können, dass sie uns aber doch nicht unmittelbar als Urtheile und Schlüsse gegeben sind. Ihre Anregung fand diese Betrachtungsweise einerseits in der Leibniz'schen Unterscheidung des dunklen und klaren Vorstellens, wovon das erste der Sinnlichkeit, das zweite dem Verstande zugewiesen wurde, anderseits in Wolff's logischem Formalismus [3]. Kant protestirte zwar gegen diese Ansichten, die den Unterschied zwischen Sinnlichkeit und Verstand zu einem blossen Gradunterschied in der Deutlichkeit der Vorstellungen machen

---

1) Berkeley, theory of vision. § 46, 129. Works vol. I p. 259, 301.

2) Am weitesten geht in dieser Beziehung Condillac, welcher dem Gesicht und den andern Sinnen überhaupt gar keine selbständige Entwicklung zugesteht, indem er ihre ganze Function aus der Unterweisung des Tastsinns hervorgehen lässt (Traité des sensations. III 3). Berkeley hatte noch angenommen, dass der Gesichtssinn für sich allein die Entfernung des Objectes theils nach der Deutlichkeit des Bildes theils nach der Accommodationsanstrengung des Auges abschätze (§ 23, 27, p. 243 etc.); Condillac schreibt auch diese Vorstellungen der Hülfe des Tastsinns zu. Das Auge für sich allein empfindet nach ihm nur Licht und Farben; eine bunte Oberfläche würde es, auf sich selbst beschränkt, weder als Oberfläche noch in irgend einer andern räumlichen Beziehung auffassen (I, 11).

3) Vergl. S. 13.

wollten[1], hob aber doch gleichzeitig LOCKE gegenüber die Existenz dunkler oder unbewusster Vorstellungen hervor[2]. Nach einer andern Richtung hat SCHOPENHAUER dieser logischen Form des Empirismus vorgearbeitet, indem er die Intellectualität der Anschauung betonte[3]. Ohne diese Andeutungen zu kennen, habe ich selbst die psychologische Natur der bei der Bildung der Gesichtsvorstellungen wirksamen Vorgänge nachzuweisen gesucht, indem ich dieselben überall auf ein unbewusstes Schlussverfahren zurückführte[4], dabei aber zugleich auf die schöpferische Natur jener Synthese der Empfindungen hinwies, wodurch sich dieselbe von den gewöhnlichen Erfahrungsschlüssen wesentlich unterscheide[5]. Aehnlich hat auch HELMHOLTZ schon früher[6] hervorgehoben, dass die Gesichtstäuschungen sowie die stereoskopischen Wahrnehmungen auf Schlüsse hinweisen, die sich ohne unser Wissen und Wollen vollziehen; und er hat sich dann später der Theorie der unbewussten Schlüsse auch in Bezug auf die ursprüngliche Bildung der Gesichtswahrnehmungen, die Ordnung des Sehfeldes u. s. w. angeschlossen[7]. Seine allgemeinen Auseinandersetzungen weichen von den obigen nur in einem, allerdings wesentlichen Punkte ab. Er führt nämlich alle Wahrnehmungsvorgänge auf Analogieschlüsse zurück. So sollen wir z. B. Eindrücke, die unsere rechte Netzhauthälfte treffen, nach der linken Seite im äussern Raum verlegen, weil wir in einer Unzahl von Fällen die Erfahrung bestätigt gefunden haben, dass die Gegenstände, von denen sie herrühren, wirklich in dieser Richtung gelegen sind. Diese Annahme hängt mit der Schwäche der empiristischen Theorie innig zusammen. Wir sollen jede einzelne Empfindung nach der Analogie früherer Erfahrungen beurtheilen: aber es wird uns nicht gesagt, wie überhaupt ursprünglich Erfahrung zu Stande kommt, zu der doch schon geordnete Wahrnehmungen erforderlich sind. HELMHOLTZ entzieht sich dieser Schwierigkeit, indem er voraussetzt, dass wir uns die primitivsten räumlichen Vorstellungen mit Hülfe des Tastsinnes verschafft haben, hierin ganz übereinstimmend mit derjenigen Ansicht, welche schon die Väter der empiristischen Theorie, BERKELEY und CONDILLAC, entwickelten. Aber wenn wir auch der gemeinsamen Function des Tast- und Gesichtssinns ihre Bedeutung nicht absprechen wollen, namentlich insofern die Lagebestimmung des Augapfels wesentlich von Tastgefühlen herrührt, so ist doch eine so durchgängige Abhängigkeit der Gesichts- von den Tastvorstellungen, wie sie hier angenommen wird, weder bewiesen noch auch wahrscheinlich. Doch wollte man selbst diese Abhängigkeit zugeben, so würden bei der Erklärung der Tastvorstellungen dieselben Schwierigkeiten wiederkehren. Da hier die unbewussten Analogieschlüsse nicht mehr ausreichen, so müsste man eine angeborene Raumbeziehung der Tastempfindungen voraussetzen. Entschliesst man sich aber einmal zu diesem Schritte, so ist nicht einzusehen, warum nicht die nämliche Annahme auch für die Gesichtsempfindungen zulässig sein soll.

---

1) Anthropologie. Werke, Bd. 7, 2. S. 28.
2) Ebend. S. 21.
3) SCHOPENHAUER, vierfache Wurzel des Satzes vom Grunde S. 55.
4) In meinen 1858—62 erschienenen Beiträgen zur Theorie der Sinneswahrnehmung und in dem 1. Band der Vorlesungen über die Menschen- und Thierseele. Leipzig 1863.
5) Beiträge S. 442 f.
6) HELMHOLTZ, über das Sehen des Menschen. Ein populär wissenschaftlicher Vortrag. Leipzig 1855.
7) HELMHOLTZ, physiologische Optik, S. 427 f.

Ausserdem sieht HELMHOLTZ, hierin mit SCHOPENHAUER zusammentreffend, das Causalgesetz als ein angebornes Princip an, das sich bei jeder einzelnen Wahrnehmung wirksam erweise, insofern wir die Empfindungen auf ein äusseres Object als ihre Ursache beziehen[1]). Aber es verhält sich damit ähnlich wie mit dem Schlussverfahren bei unsern Wahrnehmungen. Man kann den Satz vom zureichenden Grunde durch nachträgliche Reflexion auf die Vorgänge anwenden, in diesen selber ist aber nichts vom Begriff der Ursache zu finden. So wenig das ursprüngliche Bewusstsein einen äusseren Reiz als Ursache seiner Empfindung setzt, ebenso wenig kommt ihm der Gedanke das Angeschaute als Ursache der Anschauung anzunehmen. Merkwürdiger Weise kommt hier die empiristische Theorie in die Lage einen Begriff als angeboren zu betrachten, welcher offenbar weit mehr als die sinnliche Wahrnehmung selbst abgeleiteten Ursprungs ist.

Wie die logische Theorie den Wahrnehmungsvorgang auf die allgemeinen Verstandesfunctionen, so sucht die Associationstheorie denselben auf die allgemeinen Gesetze der Verbindung der Vorstellungen zurückzuführen. Ihre Ausbildung hat dieseTheorie hauptsächlich durch die so genannte schottische Philosophenschule erhalten. Nach ihr ist jede, auch die im gewöhnlichen Sinn einfache Gesichtsvorstellung, z. B. die Anschauung einer einfarbigen Fläche, in Wahrheit eine zusammengesetzte Vorstellung. Die einfacheren Vorstellungen aber, welche in dieselbe eingehen, sind innig associirt. Auf diese Weise lässt BAIN die Gesichtsvorstellungen in ganz ähnlicher Weise wie die Tastvorstellungen durch die Association der specifischen Sinnesempfindungen mit Muskelgefühlen entstehen[2]). Die Linien- und Flächenvorstellung bildet sich, indem wir das Auge hin- und herbewegend verschiedene Intensitätsgrade des Muskelgefühls mit den Netzhauteindrücken verbinden; bei der Tiefenvorstellung sind die mit der Accommodation und Convergenz verbundenen Muskelgefühle wirksam[3]). Vor andern Formen der empiristischen Ansicht hat diese den Vorzug, dass sie dem Gesichtssinn eine selbständige Entwicklung seiner Vorstellungen zugesteht. Aber sie lässt vor allem den Einwand zu, dass der Ausdruck Association ein ungeeigneter ist, weil sich die Verbindung der Empfindungen, um die es sich hier handelt, von der gewöhnlich so genannten Association der Vorstellungen durchaus unterscheidet. Dieser Unterschied muss um so mehr hervorgehoben werden, da eine Reihe secundärer Wahrnehmungsacte wirklich auf Associationen beruht (S. 630). Die letzteren werden in der Associationstheorie mit der ursprünglichen Synthese der Empfindungen zusammengeworfen, während sie sich doch deutlich in der Beobachtung als Vorgänge anderer Art zu erkennen geben. Die einzige Aehnlichkeit, die man zu Gunsten jener Bezeichnung angeführt hat, besteht darin, dass hier wie dort Elemente, die häufig verbunden gewesen sind, eine immer grössere Tendenz zur Verbindung annehmen. Aber der grosse Unterschied besteht darin, dass associirte Vorstellungen nicht ihre Eigenschaften einbüssen, während uns die Raumconstruction ein ganz und gar neues Product entgegenbringt. Dies hat auch JOHN STUART MILL, einer der Hauptvertreter der Associationshypothese, zugestanden, indem er den Vorgang eine »psychische

[1]) a. a. O. S. 453.

[2]) Vergl. S. 495.

[3]) BAIN, the senses and the intellect. 2. edit. p. 245 f. Man vergl. auch hier die im wesentlichen übereinstimmende Ansicht von STEINBUCH, Beitrag zur Physiologie der Sinne, S. 140.

Chemie« nennt, ein Bild, welches die hier stattfindende Synthese sehr gut veranschaulicht[1]. In dieser Beziehung verhält es sich also mit der Associationstheorie ähnlich wie mit der logischen Hypothese. Wie diese ein unbewusstes Schlussverfahren, so muss jene eine latente Association voraussetzen, die uns auch erst in ihren Resultaten gegeben ist. Die specielle Ableitung der Gesichtsvorstellungen, welche die englischen Psychologen gegeben haben, unterliegt übrigens den nämlichen Einwänden, die schon bei Gelegenheit der Tastvorstellungen geltend gemacht wurden[2].

Die verschiedenen Formen der empiristischen Theorie scheitern hauptsächlich an der Ueberzeugung, welche sich der psychologischen Analyse nothwendig aufdrängen muss, dass die Wahrnehmung als Grundlage der Erfahrung nicht selbst auf Erfahrung beruhen könne. Hält man nun trotzdem an der Annahme fest, dass die Empfindung ursprünglich nicht räumlich bestimmt sei, so muss ein anderer, nicht auf Erfahrungsschlüssen oder Associationen beruhender Vorgang angenommen werden. HERBART lässt auch hier, wie beim Tastsinn, die Vorstellung aus den Lichtempfindungen hervorgehen, die bei der Bewegung des Auges successiv entstehen, und die in Folge der Hin- und Rückwärtsbewegung über die nämlichen Gegenstände mit ihren Reproductionen in abgestufter Intensität verschmelzen sollen[3]. In HERBART's Reihentheorie, die wir aus den früher (S. 493 f.) geltend gemachten Gründen für widerlegt halten, wurzelt LOTZE's Theorie der Localzeichen, die sich hauptsächlich aus der Kritik des Nativismus und der HERBART'schen Ansichten entwickelte. Beim Auge nimmt LOTZE nicht, wie beim Tastorgan, Mitempfindungen sondern Bewegungsgefühle als Localzeichen an. Jede Netzhautreizung löse eine Reflexbewegung aus, durch welche der Eindruck auf das Netzhautcentrum übergeführt werde. Sind solche Bewegungen einmal ausgeführt worden, so soll dann aber auch das ruhende Auge die Eindrücke in die räumliche Form bringen, indem verschiedene Bewegungsantriebe sich compensiren, wobei gleichwohl das von früherher jedem Eindruck associirte Bewegungsgefühl entstehe[4]. Diese Theorie schildert, wie ich glaube, den Einfluss der Innervationsgefühle im wesentlichen in richtiger Weise. Aber auch sie zeigt nicht, wie wir dazu kommen, die intensiven Unterschiede der Bewegungsgefühle auf räumliche Ausdehnung zu beziehen. Ich habe schon früher betont, wie es mir durchaus erforderlich scheint, neben den bloss intensiv abgestuften Innervationsgefühlen qualitative Verschiedenheiten der peripherischen Empfindung anzunehmen, so dass sich erst aus der Synthese dieser verschiedenartigen Elemente die extensive Form des Sehfeldes entwickelt[5]. Doch habe ich damals noch ausschliesslich auf die locale Färbung der Netzhautempfindungen Werth gelegt, für die ich speciell den Ausdruck Localzeichen beibehielt; ich glaube nunmehr, durch manche in Cap. V und XII mitgetheilte Erfahrungen bestimmt, den mit der Bewegung des Auges verbundenen Tastempfindungen eine mitwirkende Bedeutung zuschreiben zu müssen. HELMHOLTZ hat sich der obigen Ableitung des

---

1) MILL, System der deductiven und inductiven Logik. Deutsch von SCHIEL. 3te Aufl. II, S. 460.

2) Cap. XII, S. 495.

3) HERBART, Psychologie als Wissenschaft 2. Werke Bd. 6, S. 120 f.

4) LOTZE, medicinische Psychologie S. 353 f. Vergl. hierzu die Bemerkungen LOTZE's im Anhang zu C. STUMPF, über den psycholog. Ursprung der Raumvorstellung S. 315.

5) Beiträge zur Theorie der Sinneswahrnehmung. S. 145 f.

Sehfeldes im wesentlichen angeschlossen. Er unterscheidet sich nur dadurch, dass er die Innervationsgefühle und die Localempfindungen der Netzhaut für von einander unabhängige Hülfsmittel ansieht, deren jedes für sich schon räumliche Wahrnehmung soll vermitteln können. Ausserdem hält er die Annahme, für nicht erforderlich, dass die Localzeichen eine stetige Mannigfaltigkeit bilden, sondern er glaubt, dieselben könnten beliebig vertheilt über die Netzhaut sein, da doch erst die Erfahrung einem jeden seine Bedeutung anweisen müsse[1]. Diese Hypothese kann aber, wie ich glaube, dem Einwand nicht entgehen, dass sie die räumliche Wahrnehmung, von der sie behauptet, sie sei in der ursprünglichen Empfindung nicht enthalten, in Wahrheit doch schon in die Empfindung, und zwar sowohl in die Innervationsgefühle wie in die Localzeichen, hineinverlegt. Die oben entwickelte Theorie, welche zum Unterschied von den verschiedenen andern Formen der genetischen Ansicht, die synthetische genannt werden mag, ist diesem Vorwurfe nicht ausgesetzt. Sie sucht nachzuweisen, dass unsere Raumvorstellung überall aus der Verbindung einer qualitativen Mannigfaltigkeit peripherischer Sinnesempfindungen mit den qualitativ einförmigen Innervationsgefühlen, welche sich durch ihre intensive Abstufung zu einem allgemeinen Grössenmaass eignen, hervorgeht. Hierdurch ist die Möglichkeit gegeben, dass die Mannigfaltigkeit der Localzeichen in ein Continuum von gleichartigen Dimensionen geordnet, das heisst in die räumliche Form gebracht werde. Dabei macht dann gleichzeitig die qualitative Verschiedenheit der in die Raumform gebrachten Localzeichen die Unterscheidung der einzelnen Richtungen und Lagen im Raum möglich. Mit jeder Gesichtsvorstellung ist daher nicht nur die allgemeine Form des Raumes sondern immer auch gleichzeitig die Beziehung der Eindrücke auf Richtungen und Lagen im Raume gegeben. Schliesslich ist bei dieser ganzen Ableitung nicht zu vergessen, dass wir bestimmte Einrichtungen in den Sinnes- und Centralorganen, in den ersteren hauptsächlich die stetige Vertheilung der Localzeichen, in den letzteren die regulatorischen Heerde der motorischen Innervation, als Bedingungen voraussetzen, welche das Einzelwesen als angeborenes Besitzthum mitbringt. Hierin liegt die relative Berechtigung der nativistischen Ansicht.

Von den Anhängern der empiristischen Theorie sind als besonders schlagende Zeugnisse für die Entstehung der Gesichtswahrnehmungen durch Erfahrung noch die Beobachtungen an operirten Blindgeborenen angesehen worden. Die älteren Autoren lieben es rein theoretisch die Frage zu erörtern, wie die Wahrnehmungen eines von Geburt an Erblindeten, dem plötzlich das Augenlicht gegeben wurde, wohl beschaffen sein möchten[2]. Beobachtungen über solche Fälle sind namentlich von CHESELDEN[3], WARDROP[4] und FRANZ[5] ausführlich beschrieben worden. Dabei kommt jedoch in Betracht, dass mit Ausnahme des einen der von WARDROP mitgetheilten Fälle es sich nur um Staarkranke handelt, bei denen die Unterscheidung von Hell und Dunkel und

[1] HELMHOLTZ, physiologische Optik, S. 800.

[2] Vergl. LOCKE, human understanding II, 9 §. 8. BERKELEY, theory of vision §. 41 p. 255. DIDEROT, lettre sur les aveugles. 1749. Oeuvres. Londres 1773. III. p. 115. CONDILLAC's ganzer traité des sensations ist auf ähnliche Betrachtungen gegründet.

[3] Phil. transact. 1728. XXXV. p. 447. Vergl. HELMHOLTZ, physiol. Optik S. 587.

[4] History of JAMES MITCHELL a boy born blind and deaf. London 1818. Phil. transact. 1826. III p. 529. HELMHOLTZ a. a. O. S. 588.

[5] Phil. mag. XIX 1841 p. 156.

ein Urtheil über die Richtung des Lichtes schon vor der Operation möglich war. In dem einen Fall von WARDROP, in welchem eine Verwachsung der Iris getrennt werden musste, war dagegen wohl nur eine sehr unvollkommene Unterscheidung von Hell und Dunkel vorhanden. Ferner ist zu beachten, dass entweder überhaupt nur ein Auge, oder dass das zweite Auge längere Zeit nach dem ersten operirt wurde (in dem Fall von CHESELDEN). Alle diese Berichte stimmen nun darin überein, dass die Operirten ein Urtheil über die Entfernung der Gegenstände nicht besitzen, dass sie die Grösse und Form derselben nur sehr unvollkommen auffassen, letztere namentlich dann, wenn Erhabenheiten und Vertiefungen vorkommen. Ein Gemälde erscheint ihnen anfänglich wie eine bunt bemalte Fläche: erst allmälig lernen sie die Bedeutung der Schattirung und Perspective verstehen. Dem Operirten des Dr. FRANZ erschienen entfernte Gegenstände so nah, dass er sich fürchtete an sie anzustossen. Einfache Formen, wie Vierecke und Kreise, erkannte er zwar ohne Betastung, aber er musste erst über sie nachdenken, wobei er angab, dass er gleichzeitig ein gewisses Gefühl in den Fingerspitzen (ohne Zweifel reproducirte Tastempfindungen) zu Rathe ziehe. Die von WARDROP operirte Dame, deren Blindheit vollständiger gewesen war, konnte einen Schlüssel und einen silbernen Bleistifthalter, die sie durch Betasten deutlich erkannt hatte, mit dem Gesicht nicht unterscheiden. Offenbar sind in allen diesen Fällen jene Bestandtheile der monocularen Gesichtswahrnehmung, welche auf wirklichen Associationen beruhen (S. 630), unvollkommen oder gar nicht ausgebildet. Ebenso zweifellos geht aber auch aus den Beschreibungen hervor, dass alle Operirte, selbst die Dame von Dr. WARDROP, die Eindrücke in räumlicher Ordnung auffassten und in Bezug auf ihre Richtung unterschieden. Die Verlegenheit oder sogar das Unvermögen die Gestalt der Objecte anzugeben, darf in dieser Beziehung nicht irre machen. Der Operirte hat bisher seine Vorstellungen nach den Eindrücken des Tastsinns geordnet. Um eine durch den Gesichtssinn wahrgenommene Form zu bezeichnen, muss er sie also mit der Tastvorstellung vergleichen, sei es durch unmittelbares Befühlen, sei es durch Herbeiziehen reproducirter Tastvorstellungen. Als Beweise für die ursprüngliche Bildung der Gesichtsanschauung durch Erfahrung können daher diese Beobachtungen nicht angeführt werden. Anderseits liefern sie aber auch freilich keinen Gegenbeweis, weder gegen die empiristische noch gegen die genetische Theorie im allgemeinen, da durch die vor der Operation stattfindenden Lichteindrücke immer eine gewisse Orientirung im Sehfelde stattfinden konnte. Sie geben dagegen belehrende Belege für die verhältnissmässig langsame Ausbildung gerade jener Bestandtheile der Wahrnehmung, welche auf Associationen beruhen.

Fünfzehntes Capitel.

Einbildungsvorstellungen.

Alle Einbildungsvorstellungen sind aus Bestandtheilen zusammengesetzt, die zuvor in der Anschauung gegeben waren. Diese Abhängigkeit verräth sich hauptsächlich in ihrem Zusammenhang mit vorausgegangenen Eindrücken; aber auch die Erfahrung, dass bei angeborenem Mangel eines Sinnes die Empfindungen desselben vollständig hinwegfallen, lässt sich als eine Folge der nämlichen Thatsache betrachten[1]. Die Existenz der Einbildungsvorstellungen beruht somit auf der Fähigkeit der Reproduction. Da nun von dieser fortwährend auch die sinnliche Wahrnehmung beeinflusst wird, so lässt sich zwischen Anschauungs- und Einbildungsvorstellungen nicht immer eine scharfe Grenze ziehen. Es bleibt nur übrig, den letzteren Ausdruck überhaupt auf alle Fälle anzuwenden, in denen das reproductive Element vorherrscht. In diesem Sinne rechnen wir hierher die Erinnerungs- und Phantasiebilder, die Hallucinationen und die Illusionen. Die beiden letzteren, welche man im gesunden Zustande hauptsächlich während des Schlafes beobachtet, werden zusammen auch als Phantasmen oder als Sinnesdelirien bezeichnet. Die Traumvorstellungen sind theils Hallucinationen theils Illusionen und unterscheiden sich, wie alle Phantasmen, von den gewöhnlichen Erinnerungs- und Phantasiebildern des wachen Lebens durch die Lebhaftigkeit der Empfindung, worin sie den Anschauungsbildern nahezu oder vollständig gleichen[2]. Erinnerungsbilder nennen wir endlich speciell die-

---

[1]) Vergl. S. 352.

[2]) Das Phantasma darf demnach nicht verwechselt werden mit dem Phantasiebild, unter welchem letzteren wir immer eine Einbildungsvorstellung verstehen, welche durch die Schwäche ihrer Empfindungsbestandtheile von den Traumvorstellungen und von den pathologischen Hallucinationen und Illusionen wesentlich verschieden ist. Diesen Unterschied durch Wörter auszudrücken, die eigentlich dasselbe bedeuten, ist zwar etymologisch gewiss nicht gerechtfertigt; da aber nun einmal die Dinge eine verschiedene Bezeichnung fordern, so möge es gestattet sein jene Ausdrücke zu wählen, welche auch bisher der Sprachgebrauch ungefähr im selben Sinne unterschieden hat. Die Erinnerungs- und Phantasiebilder als rein psychische Erscheinungen zu betrachten ohne jede physiologische Grundlage, wie es z. B. noch von J. Bergmann geschieht (Grundlinien einer Theorie des Bewusstseins. Berlin 1870. S. 103), widerspricht durchaus den weiter unten zu erörternden Erfahrungen, nach denen das Phantasiebild vollkommen stetig in das Phantasma übergehen kann. Namentlich stehen diejenigen Erinnerungsbilder, welche sehr kurze Zeit nach dem äussern Eindruck reproducirt werden, die von Fechner so genannten Erinnerungsnachbilder, oft den Anschauungsvorstellungen an Lebendigkeit wenig nach. (Fechner, Psychophysik II, S. 491 f.)

jenigen reproducirten Vorstellungen, in denen sich frühere Wahrnehmungen, abgesehen von der viel geringeren Intensität ihrer Empfindungsbestandtheile, in annähernd unveränderter Form dem Bewusstsein erneuern. Dagegen sollen jene Vorstellungen des wachen und gesunden Zustandes, in welchen sich Reproductionselemente verbinden, die verschiedenen Anschauungen entnommen sind, im engern Sinne Phantasiebilder genannt werden. Das Erinnerungsbild wiederholt also einfach eine frühere Vorstellung, das Phantasiebild aber bildet aus Bestandtheilen früherer Vorstellungen eine neue. Uebrigens liegt es in der Natur der Sache, dass sich diese Unterscheidung im einzelnen Fall nicht strenge durchführen lässt. Namentlich ist jedes Erinnerungsbild zugleich Phantasiebild, da in demselben nicht nur Bestandtheile der ursprünglichen Anschauung weggelassen, sondern auch meistens solche aus mehreren Wahrnehmungen des nämlichen Gegenstandes vereinigt sind.

Die Erinnerungs- und Phantasiebilder entstehen unter dem Einfluss unmittelbarer Wahrnehmungen oder anderer Einbildungsvorstellungen, mit denen sie irgendwie nach den Gesetzen der Association verbunden sind. Zuweilen zwar scheint es uns, als wenn ein bestimmtes Bild ohne alle Veranlassung in unserm Bewusstsein auftauche. Aber der aufmerksame Beobachter wird selbst in solchen Fällen selten das Band vermissen, welches die Vorstellung an vorangegangene Zustände knüpft. Wir übersehen derartige Verbindungen so leicht, weil sich an jeden Bestandtheil einer Empfindung und Vorstellung die Reproduction anheften kann. So werden insbesondere das sinnliche, das ästhetische Gefühl und der Affect wegen ihrer energischen Wirkung auf unser Bewusstsein leicht zu Vehikeln der Reproduction, wobei durch die Unbestimmtheit der Gefühle die Association undeutlich ist. In Anbetracht der ausserordentlichen Mannigfaltigkeit der Verbindungen, die auf solche Weise möglich sind, und der grossen Schwierigkeiten, welche gerade der rein innerliche Verlauf unserer Vorstellungen der Selbstbeobachtung darbietet, werden wir daher voraussetzen dürfen, dass auch auf diesem Gebiete eine durchgängige Causalität herrscht, dass kein Erinnerungsbild über die Schwelle des Bewusstseins emportaucht, welches nicht nach den für viele Fälle bestimmt nachweisbaren Regeln der Association in dasselbe gehoben wird. Die Association ist aber zunächst ein psychologischer Vorgang. Den wesentlichen Unterschied der Wahrnehmung und des Phantasiebildes können wir daher vorläufig so bezeichnen, dass jene stets aus physiologischen Reizen, dieses aber aus einer psychischen Reizung seinen Ursprung nimmt. Diejenige Vorstellung, sei sie Anschauung oder selbst reproducirt, die durch Association ein Bild

in das Bewusstsein hebt, betrachten wir als den psychischen Reiz für die Entstehung desselben. Da nun aber das Phantasiebild denselben Empfindungsinhalt besitzt wie die ursprüngliche Wahrnehmung, wenngleich derselbe abgeblasst und unter Umständen durch andere Reproductionen modificirt ist, so müssen wir doch auch hier eine physiologische Reizung der centralen Sinnesflächen annehmen, welche sich im Gefolge des psychischen Reizes entwickelt. Wegen der geringen Stärke dieser physiologischen Reizung existiren übrigens intensive Empfindungen nur in sehr abgeschwächter Form im Erinnerungsbilde. Den Schmerz z. B., wie er in Folge von heftiger Reizung oder von Durchschneidung sensibler Nerven entsteht, können wir niemals reproduciren, sondern wir können uns höchstens an das Missbehagen erinnern, das wir in solchen Fällen empfanden. Die Reproduction geht also hier einzig und allein im Gebiet des Gefühls vor sich, und die mit dem letzteren verbundene Empfindung hat nicht mehr Stärke als erforderlich ist, um uns etwa den Körpertheil anzudeuten, welcher der Sitz der erinnerten Schmerzempfindung war. Viel weniger werden jene mässigen Empfindungen abgeschwächt, welche Bestandtheile der ganz und gar objectiven Wahrnehmungen bilden. Hierin liegt ein physiologischer Grund für die bekannte Erfahrung, dass die Erinnerung meist nur die erfreulichen Seiten unseres vergangenen Lebens in lebendiger Frische zurückruft. Vermöge dieser geringen Intensität der physiologischen Reizung breitet sich die letztere bei den Erinnerungsbildern wohl niemals von den centralen auf die peripherischen Sinnesflächen aus, ein Fall, der, wie wir sehen werden, bei der Hallucination wahrscheinlich meistens eintritt. Hieraus entspringen denn auch die einzigen einigermassen sichern physiologischen Unterscheidungsmerkmale des Phantasiebildes. Erstens hinterlässt dasselbe an den peripherischen Sinneswerkzeugen keine Nachwirkungen der Reizung, also z. B. Erscheinungen der Ermüdung, wie sie sich beim Auge an den Nachbildern zu erkennen geben. Zweitens sind die Phantasiebilder des Gesichtssinnes im allgemeinen unabhängig von der Bewegung der Augen. Wenn wir die letzteren hin- und herwenden, so kann das Bild unverändert an seinem Ort bleiben [1]). Uebrigens unterscheiden sich in dem letzteren Punkt die Hallucinationen, wie es scheint, durchaus nicht immer von den Phantasiebildern, wie denn überhaupt beide unmerklich in einander übergehen können. Je grössere Stärke der Empfindungsinhalt einer reproducirten Vorstellung besitzt, um so mehr gewinnt sie die Lebendigkeit unmittelbarer Anschauung. GOETHE, dessen Phantasiebilder eine ungewöhnlich grosse sinnliche Lebendigkeit besassen,

[1] Dies schliesst natürlich nicht aus, dass gelegentlich auch das Bild mit dem Auge wandert, wenn nämlich die Vorstellung demselben einen andern Platz anweist. Vergl. solche Beobachtungen bei FECHNER, Psychophysik II, S. 472, 481.

berichtet von sich selbst einige Erfahrungen, die dem Gebiet der Hallucination angehören oder dicht an dasselbe heranstreifen[1]. In Phantasiebildern können sich Vorstellungsgruppen und Erlebnisse an einander reihen, die, obgleich sie vollständig aus Bestandtheilen früherer Anschauungen bestehen, doch in dieser Verbindung niemals wirklich gewesen sind. Aus solchen willkürlichen Bildungen der Phantasie schöpft die künstlerische Gestaltungskraft. Ganz besonders aber schafft sich unser Bewusstsein Phantasiebilder der eigenen Zukunft, in denen erwartete oder gehoffte Ereignisse vor die innere Wahrnehmung treten. In diesen anticipirten Anschauungen wurzeln unsere Pläne für die Zukunft. Doch ergibt sich auch, namentlich im Jugendalter, die Phantasie einem ziellosen Schwelgen in wachen Träumen, welches die Beachtung des Erziehers verdient. Das natürliche Hülfsmittel, das die kindliche Phantasie auf die wirkliche Welt hinüberlenkt und sie so zu fruchtbarer Thätigkeit vorbereitet, ist das Spiel, ein Hülfsmittel, das um so vollständiger seinen Zweck erfüllt, je mehr es das eigene Handeln des Kindes herausfordert.

Nicht immer bleibt die physiologische Reizung bei den Erinnerungs- und Phantasiebildern auf die centralen Sinnesflächen beschränkt, sondern sie kann unter Umständen auch auf motorische Centralgebiete übertragen werden. So entstehen unwillkürliche Handlungen, theils Sprachäusserungen, theils Körperbewegungen. Doch pflegen die Erinnerungsbilder nur bei ungewöhnlicher Stärke solche motorische Rückwirkungen zu äussern. Zudem gibt es hier offenbar eine individuelle Disposition; namentlich reflectiren sich bei dem Naturmenschen, der in der willkürlichen Beherrschung seiner selbst minder geübt ist, die Phantasievorstellungen ungleich lebhafter in äusseren Handlungen[2].

Die Hallucinationen unterscheiden sich von den Erinnerungsbildern durch die Intensität der physiologischen Reizung. Dass auch hier der Vorgang von Theilen der Hirnrinde, also muthmasslich von centralen Sinnesflächen ausgeht, ist mindestens in hohem Grade wahrscheinlich. Die gewöhnlichsten äusseren Ursachen der Hallucination sind Hyperämie und

---

[1] Vergl. die Schilderung phantastischer Bilder im dunkeln Gesichtsfeld, Goethe's nachgelassene Werke, Bd. 10, S. 38. (Besprechung von Purkinje's Schrift über das Sehen in subjectiver Hinsicht.) Bekannt ist ferner die Vision aus Dichtung und Wahrheit, in der Goethe auf der Rückreise von Sesenheim sich selbst im hechtgrauen Rock begegnet. Brierre de Boismont (des hallucinations, 3te édit., p. 26) erzählt die Geschichte eines Malers, der sich der Bilder einmal gesehener Personen so deutlich erinnerte, dass er nach dem Erinnerungsbild Porträts zu malen vermochte. Bald vermochte er das Phantasiebild von der Wirklichkeit nicht mehr zu unterscheiden, und er verfiel in Wahnsinn. Aehnliche Berichte finden sich noch mehrere in der Literatur. Vergl. Fechner, a. a. O., S. 483.

[2] Näheres über die Entstehung und den Verlauf der Erinnerungsbilder vgl. in Cap. XIX.

Entzündung der Hirnhäute und der Hirnrinde, die Einwirkung toxischer Substanzen, wie Opium, Haschisch, Alkohol, die gleichfalls Gehirnhyperämie im Gefolge haben, endlich die bei tiefen Ernährungsstörungen oder bei gänzlichem Nahrungsmangel eintretende Anämie des Gehirns. Die gleichartige Wirkung scheinbar so verschiedener physiologischer Zustände beruht, wie man nach der Analogie mit andern Fällen automatischer Reizung annehmen darf, darauf, dass sich Zersetzungsproducte der Gewebe in der blutreichen Hirnrinde anhäufen, welche zunächst die Reizbarkeit derselben erhöhen, dann aber auch selbst eine Reizung hervorbringen können[1]). Unter normalen Verhältnissen führt der Zustand des Schlafes Bedingungen

[1] Vergl. S. 185. Es lässt sich nicht leugnen, dass die Zurückführung aller phantastischen Sinneserscheinungen auf eine gesteigerte Reizbarkeit jener centralen Sinnesflächen, welche in der Hirnrinde anzunehmen sind, bis jetzt von pathologisch-anatomischer Seite nicht zureichend zu beweisen ist, wie denn auch an eine Localisirung der verschiedenen Sinnesphantasmen in verschiedenen Provinzen der Hirnrinde vorerst noch nicht gedacht werden kann. Es liegt hier nur einerseits die Thatsache vor, dass bei allen Formen der geistigen Störung diffuse Veränderungen der Hirnrinde angetroffen werden, während die Gebilde des Mittelhirns nur selten gleichzeitig ergriffen sind, und anderseits die physiologische Beobachtung, dass jene toxischen Stoffe, welche Sinnesdelirien nach sich ziehen, zugleich Circulationsstörungen in der Hirnrinde verursachen. Da aber, namentlich im letzteren Fall, die Möglichkeit immerhin bleibt, dass zugleich in den tiefer liegenden Hirntheilen Veränderungen der Blutbewegung bestehen, so lässt sich hieraus die Annahme, dass entweder immer oder wenigstens in gewissen Fällen ein Reizungszustand in den mittleren Gebieten des centralen Verlaufs der Sinnesnerven der Hallucination zu Grunde liege, nicht ohne weiteres zurückweisen. In der That hat durch SCHROEDER VAN DER KOLK diese Annahme bei den Irrenärzten Verbreitung gewonnen, namentlich ist dieselbe von KAHLBAUM (Allg. Zeitschrift f. Psychiatrie, Bd. 23, S. 1 f.) und HAGEN (ebend. Bd. 25, S. 51) adoptirt worden. SCHROEDER (Pathologie und Therapie der Geisteskrankheiten. Braunschweig 1863. S. 7 f. unterscheidet die Perception als unmittelbare Wahrnehmung der Sinneseindrücke, von der Apperception als der Erhebung derselben ins Bewusstsein, und er sucht beide Vorgänge auf verschiedene Centralgebilde zurückzuführen. Die Perception findet nach ihm in besonderen Zellenanhäufungen in der Nähe der Nervenwurzeln, »Perceptionszellen«, statt, so z. B. für die Gehöreindrücke nahe den Acusticuswurzeln am Boden der Rautengrube, für die Lichtreize in den Vierhügeln u. s. w.; die Zellen der Hirnrinde, die »Vorstellungszellen«, sollen die Apperception vermitteln. Demgemäss führt denn SCHROEDER auf die Reizung der letzteren die gewöhnlichen Phantasiebilder, auf die Reizung der Perceptionszellen dagegen die Hallucinationen zurück; KAHLBAUM nimmt für gewisse Hallucinationen eine primäre, für andere eine centripetale, von den Vorstellungszellen ausgehende Reizung der s. g. Perceptionszellen an. Mit diesen Hypothesen scheinen mir jedoch die in Cap. IV und V entwickelten Vorstellungen über die functionelle Bedeutung der einzelnen Centraltheile nicht mehr vereinbar zu sein. In den Vierhügeln z. B. haben wir Apparate erkannt, in welchen sich die Netzhautreizungen mit Bewegungen combiniren; nebenbei findet sich aber eine directe Opticusleitung zur Grosshirnrinde, und ausserdem ist in der letzteren das Reflexcentrum der Vierhügel vertreten. Diese Verhältnisse legen offenbar die Annahme nahe, dass eine geordnete Gesichtswahrnehmung überhaupt erst in der Grosshirnrinde stattfindet, und der Einfluss der Augenbewegungen auf die Wahrnehmung wird ohne Zweifel eben durch die Verbindung des Vierhügelcentrums mit der centralen Sinnesfläche vermittelt sein. Auch die Beobachtungen, dass bei Kranken mit langjähriger Atrophie der Sehnerven noch Gesichtshallucinationen bestehen können, dass ferner nach langjähriger Erblindung im Traume noch lebhafte Gesichtsphantasmen vorkommen (S. 352 Anm.) scheinen mir auf die Grosshirnrinde als den Sitz der Phantasmen hinzuweisen. Denn bei so lange bestandener totaler Erblindung findet man stets mit den Sehnerven auch die Vierhügel atrophisch.

mit sich, welche Hallucinationen begünstigen[1]. Diese stellen sich zuweilen schon einige Zeit vor dem Einschlafen ein, oder sie dauern noch kurze Zeit an, nachdem man aus tiefem Schlafe erwacht ist. Die meisten Hallucinationen Gesunder gehören diesem Zwischenzustande an[2]. Die Hallucinationen können in den verschiedenen Sinnesgebieten vorkommen. Am häufigsten sind solche des Gesichtssinnes, sogenannte Visionen[3]; ihnen zunächst beobachtet man Phantasmen des Gehörs, viel seltener des Tastsinns, des Geruchs und Geschmacks. Auch finden sich diese letzteren in der Regel nur in Begleitung von Phantasmen der höheren Sinne bei ausgebreiteteren Erkrankungen der Hirnrinde. Dagegen sind Hallucinationen des Gesichts und Gehörs nicht selten isolirt zu beobachten. Aeussere Ursachen, aus denen vorzugsweise ein bestimmtes Sinnesgebiet heimgesucht wird, lassen sich meistens nicht nachweisen. Doch ist bemerkenswerth, dass lange dauernde Einzelhaft zu Gehörshallucinationen, Aufenthalt im Finstern zu Visionen disponirt, offenbar weil der Mangel der betreffenden Sinnesreize die Reizbarkeit der centralen Sinnesflächen steigert, gerade so wie dies beim Auge in Bezug auf das peripherische Sinnesorgan nachzuweisen ist[4]. Anderseits scheint aber auch die überhäufte Reizung der Sinne denselben Erfolg zu haben, da z. B. bei Malern vorzugsweise Phantasmen des Gesichts, bei Musikern solche des Gehörs beobachtet sind. Fortgesetzte Beschäftigung mit einem und demselben Gegenstand kann sogar ein specielles Erinnerungsbild zur Lebhaftigkeit des Phantasma steigern[5]. Aus diesem Umstande dürfte sich auch die Thatsache erklären, dass durchschnittlich die Gesichtsphantasmen am häufigsten vorkommen, indem das Gesicht jener Reizbarkeitssteigerung durch Ueberreizung am meisten ausgesetzt ist. Schwächere Visionen werden, gleich den Erinnerungsbildern, bei geschlosse-

---

[1] Vergl. S. 188.

[2] Mir selbst, obgleich zu Hallucinationen sonst nicht disponirt, ist es doch zuweilen gelungen, solche hervorzurufen, wenn ich, nach längerem nächtlichen Arbeiten eingeschlafen, aus einem lebhaften Traume erwachte, mich plötzlich aufrichtete und die Augen öffnete. Ich sah dann das Gesichtsfeld entweder nur unbestimmt erhellt oder von bestimmten Bildern erfüllt. Einigemal glaubte ich, der Tag sei angebrochen; erst das rasche Verschwinden des Phänomens, das in der Regel nur einige Secunden bestehen bleibt, überzeugte mich von der Existenz einer Hallucination.

[3] LAZARUS (Zeitschr. f. Völkerpsychologie V S. 128) schlägt vor, den Ausdruck Vision für jene Phantasmen vorzubehalten, die nicht in physiologischer Reizung, sondern in dem psychischen Mechanismus, also, wie wir es oben ausdrückten, in psychischer Reizung, ihren Ausgangspunkt haben. Wir werden aber bald sehen, dass diese beiden Formen der Hallucination in ihrem Wesen eigentlich nicht verschieden sind, wie sie denn auch thatsächlich fortwährend in einander übergehen. Ich behalte daher den Ausdruck Vision hier in der ursprünglichen Wortbedeutung bei.

[4] Seite 289.

[5] So beobachteten HENLE und H. MEYER, dass ihnen mikroskopische Objecte, die sie während des Tages untersucht hatten, mit voller Lebendigkeit im dunkeln Gesichtsfelde auftauchten. H. MEYER, Untersuchungen über die Physiologie der Nervenfaser Tübingen 1843. S. 56 f. Aehnliche Beobachtungen bei FECHNER, Psychophysik II. S. 499 f.

nem Auge deutlicher; sie können bei geöffnetem Auge und im Tageslicht ganz verschwinden. Hierher gehören namentlich die Erscheinungen, welche Gesunde vor dem Einschlafen oder überhaupt im dunklen Gesichtsfelde wahrnehmen. Es sind dies bald Erinnerungsbilder von ungewöhnlicher Stärke bald Figuren ohne bestimmte Bedeutung, welche fortwährend in Form und Farbe wechseln, wobei aber dieses phantastische Spiel von dem Einfluss des Willens ganz unabhängig ist[1]. Zuweilen gesellen sich, wie ich finde, hierzu schwache Gehörsreize, oder diese treten auch ganz allein auf: einzelne Töne oder Worte, meist zusammenhanglos, klingen dem Einschlafenden ins Ohr; manchmal folgen diese Laute einander immer schneller, oder sie werden undeutlicher, als kämen sie aus zunehmend grösserer Ferne, was dann gewöhnlich den Uebergang in den wirklichen Schlaf andeutet. Ich vermuthe, dass bei diesen noch normalen Phantasmen der schwache Reizungszustand, in welchem sich fortwährend unsere Sinnesorgane, namentlich das Auge, befinden, wesentlich betheiligt ist[2]. Nicht selten scheint es, als wenn jener Lichtstaub des dunkeln Gesichtsfeldes, den wir bei geschlossenem Auge wahrnehmen, sich unmittelbar zu den phantastischen Bildern entwickle. In diesem Fall würde die Erscheinung schon einigermassen dem Gebiete der Illusion zufallen.

Erreicht die centrale Reizung höhere Grade, so entstehen die Hallucinationen nicht bloss im Dunkeln oder bei geschlossenem Auge und in der Stille der Nacht, sondern im Licht und Geräusch des Tages. Nun vermischen sich dem Hallucinirenden die phantastischen Vorstellungen mit den wirklichen Sinneseindrücken, von denen er sie bald nicht mehr zu unterscheiden vermag. Wird der Reizungszustand der Hirnrinde rasch ermässigt, so blassen allmälig die Phantasmen ab, bevor sie ganz verschwinden, wie dies Nicolai an sich beobachtete[3]. Derselbe Mann litt bei einer andern Gelegenheit an schwächeren Visionen, die aber nur bei geschlossenem Auge zu sehen waren und verschwanden, sobald er die Augen öffnete[4]. Schon die vor dem Einschlafen eintretenden Gesichtsphantasmen sind zuweilen so lebhaft, dass denselben, wie J. Müller, H. Meyer u. A. bemerkt haben, Nachbilder folgen können[5]. In solchen Fällen muss sich also die Reizung von der centralen Sinnesfläche auf die Netzhaut selbst ausgebreitet haben. So wird denn das nämliche ohne Zweifel von solchen Gesichtsphantasmen anzunehmen sein, die sich bei hellem Tage mit den Anschauungsvorstellungen vermischen. Auch verändern stärkere Visionen häufig bei den Bewegungen des Auges ihren Ort im Raume, wie man dies

---

[1] J. Müller, über die phantastischen Gesichtserscheinungen. Coblenz 1826. S. 23.
[2] Vergl. S. 288.
[3] J. Müller, a. a. O. S. 77.
[4] Ebend. S. 80.
[5] H. Meyer, Untersuchungen über die Physiologie der Nervenfaser. S. 241.

deutlich aus den Aeusserungen der Hallucinirenden entnehmen kann. Diese sehen da und dort, wohin sie blicken, Feuer oder Menschen, Thiere, die sie verfolgen u. s. w. In andern Fällen werden zwar die Phantasmen auf einen festen Ort bezogen; es ist aber wohl möglich, dass dann immer phantastische Umgestaltungen äusserer Sinneseindrücke, also eigentlich Illusionen, im Spiele sind[1]). Nur die schwächsten Phantasmen des dunkeln Gesichtsfeldes, welche, den gewöhnlichen Einbildungsvorstellungen an Stärke wenig überlegen, wahrscheinlich ohne Miterregung der peripherischen Nerven bestehen, können, gleich den Erinnerungsbildern, bei der Bewegung des Auges unverändert bleiben[2]).

Die allgemeine Form der Hallucination, ob sie z. B. als Gesichts- oder Gehörseinbildung erscheint, ist ohne Zweifel von dem Ort der centralen Reizung abhängig. Ausserdem ist die Stärke dieser Reizung jedenfalls auch noch auf die besondere Beschaffenheit der Phantasmen von Einfluss. Bei den intensivsten Reizungszuständen treten lebhaft glänzende Gesichtsbilder, betäubende Schallerregungen auf. Hierher gehören namentlich die häufigen Fälle, in denen hallucinirende Kranke überall Feuer- und Lichtmassen sehen[3]). Im übrigen aber wird die Beschaffenheit der Phantasmen ganz ebenso wie der Erinnerungsbilder durch die Associationen des individuellen Bewusstseins bestimmt. So bestehen die Hallucinationen Geisteskranker stets aus solchen Vorstellungen, die mit dem Erinnerungsinhalt des bisherigen Lebens und mit der Gemüthsrichtung des Kranken deutlich zusammenhängen. Der religiöse Visionär verkehrt mit Christus, mit Engeln und Heiligen, der vom Verfolgungswahn geplagte Melancholiker hört Stimmen, die ihn verleumden oder ihm Beleidigungen zurufen, u. dgl. Dies weist uns auf die nahe Beziehung der Hallucinationen zu den Phantasiebildern hin. In vielen Fällen ist offenbar auch bei der Hallucination

1) Allerdings werden auch Fälle anscheinend reiner Hallucinationen berichtet. So z. B. der folgende: »Ein Herr H. sitzt lesend in seinem Zimmer; aufblickend gewahrt er einen Schädel, der auf einem Stuhl am Fenster liegt. Als er mit der Hand darnach greift, ist er verschwunden. Vierzehn Tage darauf sieht er in einem Hörsaal der Universität Edinburg wieder den Schädel auf dem Katheder liegen.« (BRIERRE DES BOISMONT, des hallucinations. 3me édit. p. 573.) Erwägt man aber, wie leicht der Hallucinirende seine Phantasmen an die geringfügigsten Eindrücke heftet, an einen Schatten, einen Lichtschein u. dergl., so wird es erlaubt sein, auch hier einen Fall von Illusion zu vermuthen.

2) Dass sich sogar lebhafte Traumbilder, wenn sie nach dem Erwachen auf kurze Zeit festgehalten werden können, mit dem Auge bewegen, hat schon GRUITHUISEN bemerkt; derselbe hat überdies auch von solchen Traumempfindungen negative Nachbilder beobachtet (J. MÜLLER, phantastische Gesichtserscheinungen, S. 36). J. MÜLLER widerspricht zwar der Bewegung, die Beobachtungen, auf die er sich bezieht, können aber wohl nur den schwächeren, von den Erinnerungsbildern wenig verschiedenen Hallucinationen angehören, bei denen eine centrifugale Miterregung der peripherischen Sinnesflächen nicht besteht.

3) GRIESINGER, Pathologie und Therapie der psychischen Krankheiten. 2. Aufl. S. 99.

als nächste Ursache eine psychische Reizung anzunehmen, die aus dem Vorrath der dem Bewusstsein disponibeln Vorstellungen irgend eine nach den Gesetzen der Association wachruft oder auch aus verschiedenen Bestandtheilen eine neue Vorstellung combinirt, in analoger Weise wie dies bei den Phantasiebildern des normalen Bewusstseins geschieht. Aber beim Hallucinirenden trifft nun diese psychische Reizung eine gesteigerte Reizbarkeit der centralen Sinnesflächen an. Hierdurch wächst die hinzutretende physiologische Reizung zu einer abnormen Höhe, so dass das Phantasma die sinnliche Stärke eines Anschauungsbildes erreicht oder ihm nahe kommt. Am deutlichsten ist dieser Ursprung bei jenen Phantasmen, die wirklich nichts anders als ungewöhnlich lebhafte Erinnerungsbilder sind, und die manchmal im Beginn von Geisteskrankheiten vorzukommen scheinen. Aber auch in solchen Fällen, wo bestimmte Wahnideen sich ausgebildet haben, die nun den Zusammenhang der Phantasmen beherrschen, dürften diese fast überall, wo nicht äussere Sinneseindrücke die Erreger bilden, was dann dem Gebiet der Illusion zufällt, aus der psychischen Reizung der Reproduction entspringen. Meistens ist also, dies scheint mir aus der Schilderung der Hallucinationen geistig Gesunder und Kranker hervorzugehen, nicht eine wirkliche Reizung, sondern nur eine gesteigerte Reizbarkeit der centralen Sinnesflächen der Ausgangspunkt der Hallucination. Dabei prädisponirt allerdings die Ausbreitung der Veränderung zu Phantasmen bestimmter Art; in ihrer besonderen Erscheinungsform werden aber die letzteren immer erst hervorgerufen durch den Hinzutritt einer bestimmten psychischen Reizung oder äusserer Sinneseindrücke, welche in Folge der centralen Veränderung in ungewöhnlicher Weise umgestaltet werden, oder wohl noch öfter durch das Zusammentreffen dieser beiden Momente. Irgend eine Association liegt vermöge der individuellen Ideenrichtung bereit, und der leiseste vom äussern Sinnesorgan ausgehende Anstoss genügt, um dieselbe zur psychischen Reizung werden zu lassen, welche dann, vermöge der gesteigerten Reizbarkeit der Sinnescentren, der Vorstellung die sinnliche Stärke des Anschauungsbildes verleiht. Eben wegen dieses Zusammenwirkens der verschiedenen Momente steht die Hallucination einerseits mit dem Phantasiebild und anderseits mit der Illusion in so naher Beziehung. Namentlich aber von der letzteren ist eine Unterscheidung schwer möglich, da in jener gesteigerten Reizbarkeit der Centraltheile, welche die Hallucination begründet, auch die Disposition zur Entstehung der Illusion liegt. Wo dieselbe einmal vorhanden ist, da müssen sich aus äusseren Sinneseindrücken ebensowohl wie aus der psychischen Reizung der Reproduction Phantasmen gestalten. Beide aber vermischen sich innig, weil auch bei der Illusion alles was zum äussern Sinneseindruck hinzugedichtet wird, aus der Reproduction stammt. Sie lassen sich

desshalb höchstens daran unterscheiden, dass stärkere Hallucinationen mit der Bewegung ihren Platz wechseln und nicht an bestimmten äusseren Sinneseindrücken festhaften. Die Visionen erscheinen neben den unverändert wahrgenommenen äusseren Objecten, oder die letzteren werden manchmal durch die Phantasmen hindurchgesehen [1]. Dadurch kommt es, dass die reinen Visionen meist viel schattenhafter und vergänglicher geschildert werden als die Illusionen, denen der äussere Sinneseindruck einen festeren Bestand gibt [2]. Wie nun aber schon beim peripherischen Nerven die Steigerung der Reizbarkeit, sobald sie eine gewisse Grenze erreicht, unmittelbar zur Reizung wird, so lässt sich ohne Zweifel auch bei den centralen Sinnesflächen das ähnliche voraussetzen. In der That kann man wohl bei jenen intensivsten Phantasmen, bei denen sich der Kranke von Flammen oder von lebhaft bewegten Gestalten ohne feste Associationsbeziehungen umgeben sieht, oder wo er fortwährend wirre Geräusche um sich hört, an eine solche primäre physiologische Reizung denken. Diese Form der Hallucination ist insofern ein Seitenstück zur Illusion, als beide mit der physiologischen, nicht mit der psychischen Reizung beginnen, die Illusion mit der peripherischen, das primäre Reizphantasma mit der centralen Sinnesreizung. Aber auch hier tritt dann die psychische Reizung ergänzend hinzu. Denn selbst in den heftigsten und wildesten Reizphantasmen sind immer noch Spuren einer Association mit Vorstellungen des vergangenen Lebens zu erkennen. Mit Rücksicht auf die Verhältnisse ihres Ursprungs können wir daher unterscheiden 1) Hallucinationen, bei denen die psychische der physiologischen Reizung vorangeht: sie entwickeln sich unmittelbar aus den gewöhnlichen Erinnerungs- und Phantasiebildern, von denen sie sich wesentlich nur durch die Stärke der nachfolgenden physiologischen Reizung unterscheiden; 2) Hallucinationen, bei denen die physiologische der psychischen Reizung vorangeht. Sie zerfallen wieder in

---

1) In einem mir bekannt gewordenen Fall sah z. B. ein von Gehirnkrankheit heimgesuchter Waldaufseher aller Orten Holzstösse liegen; aber trotzdem, sagte er, sehe er die andern Gegenstände, Möbel, Tapete des Zimmers u. s. w., vollkommen deutlich. Dies ist zugleich ein schönes Beispiel für den Einfluss der psychischen Reizung, die sich an der Hervorrufung von Vorstellungen zu erkennen gibt, welche der gewohnten Beschäftigung des Mannes angehören.

2) Nicht zu verwechseln mit der eigentlichen Hallucination sind die bei Geisteskranken, wie es scheint, nicht seltenen Fälle, in denen Phantasiebilder oder Träume in der Erinnerung für wirkliche Erlebnisse gehalten werden. Es kann hier natürlich leicht die Vermuthung entstehen, die Erzählungen des Kranken beruhten auf Hallucinationen, die er gehabt. In Wahrheit handelt es sich aber nur um falsche Auslegungen von Erinnerungsbildern, veranlasst durch bestimmte Wahnideen. Es scheint mir daher nicht ganz gerechtfertigt, wenn Kahlbaum für diesen Fall annimmt, die Erinnerungsbilder würden selbst zu Hallucinationen (Zeitschr. f. Psychiatrie, Bd. 23, S. 41). Das Erinnerungsbild wird als solches erkannt, aber es wird auf vergangene Ereignisse statt auf Phantasiebilder bezogen.

Hallucinationen aus centraler und in solche aus peripherischer physiologischer Reizung. Mit den letzteren betreten wir das Gebiet der Illusion.

Illusionen nennt man solche Einbildungsvorstellungen, die von einem äusseren Sinneseindruck ausgehen. In diesem beschränkteren Sinne genommen umfasst die Illusion nur einen Theil der Sinnestäuschungen. Es werden nämlich von ihr alle diejenigen Unrichtigkeiten der Auffassung ausgeschlossen, welche in der normalen Structur und Function der Sinnesorgane ihren Grund haben, wohin z. B. die in Cap. XIV erörterten normalen Täuschungen des Augenmaasses, die Farbenveränderungen durch Contrast u. s. w. gehören. Unter der eigentlichen Illusion begreifen wir demnach nur solche Veränderungen der Wahrnehmung, welche theils in der psychischen Reizung der Reproduction, theils in der physiologischen Reizbarkeit der centralen Sinnesflächen ihren Grund haben[1]. Die Illusion ist nicht mehr reine Einbildungsvorstellung; in den Sinneseindrücken, aus welchen sie entspringt, liegt immer zugleich eine unmittelbare Anschauung. In der That können nun diese beiden Bestandtheile in sehr verschiedenem Verhältnisse gemischt sein. Unsere normalen Wahrnehmungen sind sämmtlich zugleich mit Einbildungen versetzt. Denn von dem was wir wahrzunehmen glauben, stammt immer ein Theil aus der Reproduction früherer Vorstellungen. Diese Vermengung der Erinnerungsbilder mit den gewöhnlichen Wahrnehmungen wollen wir die physiologische Illusion nennen. Sie begleitet unaufhörlich die Function unserer Sinnesorgane und ist bei der Raschheit, mit welcher sich die Bilder derselben zu geläufigen Vorstellungen gestalten, wesentlich betheiligt. Viel grössere Umwandlungen erfährt aber der Sinneseindruck, wenn die Reizbarkeit der centralen Sinnesflächen in ungewöhnlichem Maasse gesteigert ist. Bei dieser phantastischen Illusion tritt der Wahrnehmungsantheil der Sinnesvorstellung gegen den eingebildeten völlig zurück. Die äussere Reizung bietet hier nur eine besonders günstige Gelegenheitsursache für die Bildung von Phantasmen, die dann nebenbei häufig auch durch directe psychische oder

[1] Die Unterscheidung der Illusion und Hallucination rührt her von ESQUIROL (des maladies mentales. Paris 1838. I p. 159, 202). Man hat zwar mehrfach diese Eintheilung angefochten (vergl. LEUBUSCHER, über die Entstehung der Sinnestäuschung. Berlin 1852. S. 46). Aber wenn auch beide Formen der Phantasmen im einzelnen Fall oft schwer von einander zu trennen sind, und sicherlich oft neben einander vorkommen, so lässt sich doch das eine nicht bestreiten, dass es Fälle gibt, in denen die phantastische Vorstellung nicht von äussern Sinneseindrücken ausgeht, und andere, in denen dies stattfindet. Uebrigens hat ESQUIROL selbst die Illusion noch nicht genügend unterschieden einerseits von denjenigen Sinnestäuschungen, die nicht centralen Ursprungs sind, und anderseits von den Wahnideen, bei denen bloss das an sich richtig Wahrgenommene falsch beurtheilt wird.

durch centrale physiologische Reizung erweckt werden können. Uebrigens ist es selbstverständlich, dass beide Formen der Illusion nicht scharf gegen einander begrenzt sind, da sich die gesteigerte Reizbarkeit der centralen Sinnesflächen stetig aus der normalen entwickelt.

Die physiologische Illusion ist besonders in solchen Fällen deutlich nachweisbar, in denen die wahrgenommenen Objecte in der Wirklichkeit nur sehr unvollständig den Bildern entsprechen, die wir uns von ihnen machen. Die rohen Pinselstriche einer Theaterdecoration, die in den oberflächlichsten Umrissen das Bild einer Landschaft andeuten, erscheinen uns aus der Ferne und bei Lampenlicht gesehen in der vollen Naturtreue der wirklichen Landschaft. Wir übersehen beim Lesen die meisten Druckfehler eines Buches, und manche entgehen sogar dem aufmerksamen Corrector. So ergänzen wir überall die unvollständige Anschauung durch den aus früheren Vorstellungen geläufigen Erinnerungsinhalt. Die Wahrnehmung selbst liefert in der Regel nur ein annäherndes Schema der Gegenstände, das wir unmittelbar mit unsern Phantasiebildern ausfüllen. Auf diese Weise sind alle Anschauungsvorstellungen innig verwebt mit Einbildungen. Der Vorgang aber, wie die Wahrnehmung die Reproductionen wachruft, durch welche sie sich ergänzt, ist offenbar der nämliche, der überall Erinnerungsbilder entstehen lässt. Der Sinneseindruck wirkt als psychischer Reiz auf geläufige Vorstellungen, mit denen er durch Association verbunden ist. Der Unterschied von derjenigen Form der Reproduction, bei der das Erinnerungsbild in zeitlicher Trennung von dem angeschauten Gegenstande, der es erweckt, gegeben wird, besteht nur darin, dass jetzt das Anschauungs- und das Phantasiebild zu einem untrennbaren Ganzen verschmelzen. Dies begreift sich aber daraus, dass nach den allgemeinen Regeln der Association jeder Sinneseindruck die ihm nächstverwandten Vorstellungen am meisten in Bezug auf ihre Reproduction begünstigt. Das Gesicht eines Bekannten z. B. reproducirt uns zunächst und momentan das Erinnerungsbild desselben Gesichtes, das sich nun unmittelbar mit der Anschauung selber verbindet[1].

Die phantastische Illusion entwickelt sich aus der physiologischen, sobald in Folge gesteigerter Reizbarkeit der centralen Sinnesflächen

[1] Auch bei Geisteskranken kommen offenbar Fälle vor, die mehr dem Gebiet der physiologischen als der phantastischen Illusion angehören. So z. B. wenn alle Gegenstände und Personen richtig erkannt werden und nur ein bestimmtes Individuum wegen einer physiognomischen Aehnlichkeit mit einem andern verwechselt wird (KAHLBAUM a. a. O. S. 60). Diese Illusion könnte für einen Augenblick auch dem geistig Gesunden begegnen; aber er würde sehr bald seinen Irrthum erkennen. Der Kranke erkennt ihn nicht, weil er von irgend einer Wahnidee beherrscht wird, die sein Urtheil fälscht, weil er z. B. in der betreffenden Person einen Verfolger zu sehen glaubt. Hier ist also nicht die Illusion selbst sondern die Wahnidee, welche die Beseitigung derselben verhindert, das Pathologische.

die Disposition zu Phantasmen gegeben ist. Dabei erscheint theils die Intensität der Sinnesreize verstärkt, theils werden die Wahrnehmungen in ihrer Qualität und Form auf das mannigfaltigste phantastisch verändert. Der Hallucinirende hält ein leises Pochen an der Thüre für Grollen des Donners, das Sausen des Windes für himmlische Musik. Wolken, Felsen und Bäume nehmen die Formen phantastischer Geschöpfe an. In seinem eigenen Schatten sieht er Gespenster oder verfolgende Thiere. Vorübergehende Menschen betrachten ihn, wie er glaubt, mit feindlichen Blicken oder schneiden ihm Fratzen; ihre Gespräche hält er für Schimpfreden, die sich auf ihn beziehen, u. dergl. Am freiesten kann natürlich die Einbildung mit den Sinneseindrücken schalten, wenn diese sehr unbestimmt sind, daher auch die Phantasie des Gesunden sich mit Leichtigkeit in die verschwimmenden Umrisse der Wolken, in die regellosen Anhäufungen ferner Gebirge und Felsmassen die verschiedensten Gestalten hineindenkt[1]). Aus demselben Grunde ist hauptsächlich die Nacht die Zeit der phantastischen Vorstellungen. In der Nacht wird dem Gespenstergläubigen ein Stein oder Baumstumpf zur Spukgestalt, und im Rauschen der Blätter hört er unheimliche Stimmen. Dabei ist, wie schon bei der Hallucination, die begünstigende Wirkung des Affectes nicht zu verkennen. Alle diese Phantasmen der Nacht existiren nur für den Furchtsamen; dem Auge und Ohr des Besonnenen halten sie nicht Stand. Ebenso ist der Einfluss geläufiger Associationen oft deutlich zu bemerken. So wird aller Orten von dem Gespenstergläubigen mit Vorliebe ein kürzlich Verstorbener in den Schattenbildern der Nacht gesehen[2]).

Die Illusion ist ebenfalls im Gebiete des Gesichts und Gehörs am häufigsten. Doch kommen auch Illusionen des Tastsinns und der Gemeingefühle vor; die letzteren spielen bei den Wahnvorstellungen Geisteskranker manchmal eine wesentliche Rolle, namentlich wo hypochondrische Beschwerden den Ausgangspunkt bilden. Den fixen Ideen, dass sich im Magen,

---

[1]) Die Phantasiebilder aus Wolken schildert SHAKESPEARE in der Scene zwischen Polonius und Hamlet, 3ter Act, Schluss der 2ten Scene, die phantastischen Naturgestalten GOETHE in dem bekannten Wechselgesang der Blocksbergsscene: »Seh' die Bäume hinter Bäumen, wie sie schnell vorüberrücken, und die Klippen, die sich bücken, und die langen Felsennasen, wie sie schnarchen, wie sie blasen!« J. MÜLLER erzählt, wie er sich in seiner Kindheit Stunden lang damit beschäftigt, in der theilweise geschwärzten und gesprungenen Kalkbekleidung eines dem Fenster seiner Wohnung gegenüberliegenden Hauses die Umrisse der verschiedensten Gesichter zu sehen, die dann freilich andere nicht erkennen wollten. (Phantastische Gesichtserscheinungen S. 45.)

[2]) Ein charakteristisches Beispiel, welches gleichzeitig den Einfluss des Affectes und der Reproduction nachweist, ist das folgende, das LAZARUS (a. a. O. S. 126) nach Dr. MOORE mittheilt. Die Bemannung eines Schiffs wurde erschreckt durch das Gespenst des Kochs, welcher einige Tage zuvor gestorben war. Er wurde von Allen deutlich gesehen, wie er auf dem Wasser mit dem eigenthümlichen Hinken gieng, durch welches er gekennzeichnet war, da eins seiner Beine kürzer gewesen als das andere. Schliesslich ergab sich aber der Spuk als ein Stück von einem alten Wrack.

in den Eingeweiden ein Thier befinde, dass der Körper des Kranken aus Glas bestehe u. dergl. liegen ohne Zweifel theils pathologische Gemeingefühle, theils Hyperästhesie oder Anästhesie der Haut zu Grunde. Oft combiniren sich dann solche Illusionen mit Phantasmen der übrigen Sinne. Der Kranke, der zugleich an Hallucinationen des Gehörs und des Gesichts leidet, glaubt, Vögel zwitscherten oder Frösche quakten in seinem Leibe, an seiner Haut kröchen Schlangen empor, u. s. w. Die Phantasmen des Tast- und Gemeingefühls gehören wohl zum grössten Theil in das Gebiet der Illusion, indem sie in Veränderungen der Empfindung ihren ursprünglichen Grund haben; doch werden allerdings gerade bei ihnen leicht die phantastischen Bestandtheile so überwiegend, dass sie nicht von der Hallucination zu trennen sind. Ausserdem spielt bei diesen und andern phantastischen Illusionen Geisteskranker die verkehrte Gedankenrichtung meist eine wichtige Rolle. Diese verleiht erst den Illusionen ihre bestimmte Form und wird dann selbst hinwiederum durch die Phantasmen verstärkt. Oft kann es unter solchen Umständen schwer werden zu entscheiden, wie viel von den falschen Vorstellungen des Irren auf Rechnung der Illusion oder irriger Urtheile kommt, die an richtige Wahrnehmungen sich anknüpfen [1].

Als Erscheinungen des normalen Lebens bieten die Phantasmen des Traumes eine besonders günstige Gelegenheit, die Entstehungsgeschichte der phantastischen Vorstellungen zu untersuchen [2]. Wahrscheinlich geben die Traumvorstellungen viel häufiger, als man gewöhnlich glaubt, von Sinneseindrücken aus, die während des Schlafes stattfinden, sind also

---

[1] Nicht jedes falsche Urtheil über Sinneseindrücke darf demnach als Illusion bezeichnet werden. Wenn z. B. ein Irrer bunte Steinchen als Gold und Silber, elende Scherben als kostbare Antiquitäten sammelt, so sind dies nur Verkehrungen des Urtheils in Folge bestimmter Wahnideen. Kahlbaum Ztschr. f. Psychiatrie Bd. 23 S. 57. Der Fehler liegt hier, wie man sagen könnte, nicht in der unmittelbaren Vorstellung sondern im Begriff, der sich durch verkehrte Gedankenverbindungen aus der Vorstellung entwickelt.

[2] Die Beobachtung der Traumvorstellungen macht sich keineswegs von selber, wie man vielleicht denken möchte. Zu einer brauchbaren Beobachtung ist erforderlich: 1) unmittelbares Festhalten der Traumvorstellungen nach dem Aufwachen, 2) Aufmerksamkeit auf den physiologischen Zustand, in welchem man sich im Moment des Erwachens befindet, sowie der etwa stattfindenden äusseren Sinneseindrücke, 3) genaue Prüfung der Eindrücke und Erlebnisse der letzten Tage. Bekanntlich vergessen sich Träume sehr leicht. Sogar wenn man sich unmittelbar nach dem Erwachen vollkommen deutlich eines Traumes erinnert, entschwindet derselbe in der Regel unrettbar dem Gedächtnisse, sobald man darüber wieder einschläft. Man darf daher die Mühe nicht scheuen, sich mitten in der Nacht zur Aufzeichnung eines Traums zu erheben. Auch hier macht aber Uebung geschickter. In der Zeit, in welcher ich mich einigermassen systematisch mit solchen Beobachtungen beschäftigte, ist es mir oft begegnet, dass mir im Traume beifiel, ich müsse nun diesen notiren, worüber ich dann regelmässig erwachte.

eigentliche Illusionen, die aber im höchsten Grad den Charakter der phantastischen Illusion besitzen, indem die gebildete Vorstellung zu dem Sinneseindruck, der sie veranlasst, ausser allem Verhältnisse steht. Eine unbequeme Lage des Schlafenden verkettet sich mit der Vorstellung einer mühseligen Arbeit, eines Ringkampfes, einer gefährlichen Bergbesteigung u. dgl. Ein leichter Intercostalschmerz wird als Dolchstich eines bedrängenden Feindes oder als Biss eines wüthenden Hundes vorgestellt. Eine steigende Athemnoth wird zur furchtbaren Angst des Alpdrückens, wobei der Alp bald als eine Last, die sich auf die Brust wälzt, bald als gewaltiges Ungeheuer erscheint, das den Schläfer zu erdrücken droht. Unbedeutende Bewegungen des Körpers werden durch die phantastische Vorstellung ins Ungemessene vergrössert. So wird ein unwillkürliches Ausstrecken des Fusses zum Fall von der schwindelnden Höhe eines Thurmes. Den Rhythmus der eigenen Athembewegungen empfindet der Träumer als Flugbewegung[1]. Eine wesentliche Rolle spielen, wie ich glaube, bei den Traumillusionen jene subjectiven Gesichts- und Gehörsempfindungen, die uns aus dem wachen Zustande als Lichtchaos des dunkeln Gesichtsfeldes, als Ohrenklingen, Ohrensausen u. s. w. bekannt sind, unter ihnen namentlich die subjectiven Netzhauterregungen. So erklärt sich die merkwürdige Neigung des Traumes ähnliche oder ganz übereinstimmende Objecte in der Mehrzahl dem Auge vorzuzaubern. Zahllose Vögel, Schmetterlinge, Fische, bunte Perlen, Blumen u. dergl. sehen wir vor uns ausgebreitet. Hier hat der Lichtstaub des dunkeln Gesichtsfeldes phantastische Gestalt angenommen, und die zahlreichen Lichtpunkte, aus denen derselbe besteht, werden von dem Traum zu ebenso vielen Einzelbildern verkörpert, die wegen der Beweglichkeit des Lichtchaos als bewegte Gegenstände angeschaut werden. Hierin wurzelt wohl auch die grosse Neigung des Traumes zu den mannigfachsten Thiergestalten, deren Formenreichthum sich der besonderen Form der subjectiven Lichtbilder leicht anschmiegt. Dabei ist dann ausserdem der sonstige Zustand des Träumenden, namentlich Hautempfindungen und Gemeingefühl, von nachweisbarem Einflusse. Derselbe subjective Lichtreiz, der sich bei gehobenem Gemeingefühl zu den Bildern flatternder Vögel und bunter Blumen gestaltet, pflegt sich, sobald eine unangenehme Hautempfindung hinzutritt, in hässliche Raupen oder Käfer zu verwandeln, die an der Haut des Schlafenden emporkriechen wollen. Oder

[1] Scherner, das Leben des Traumes. Berlin 1861. S. 165. Dieses Werk enthält, neben vielen sehr zweifelhaften Deutungen, manche treffende Beobachtung. Verfehlt ist leider das Bestreben des Verfassers überall dem Traum eine symbolisirende Eigenschaft beizulegen. So leitet er z. B. das Fliegen im Traum nicht einfach aus der Empfindung der Athembewegungen ab, sondern er meint: weil die Lunge selbst zwei Flügel habe, so müsse sie in zwei Flugorganen sich darstellen; sie müsse die Flugbewegung wählen, weil sie sich selbst in der Luft bewege, u. dergl.

dieser wird, wie ich einmal beobachtete, von Krebsen geängstigt, die ihm mit ihren Scheeren alle Fingergelenke umfassen: erwachend findet er die Finger in krampfhafter Beugestellung: hier hat also offenbar die Druckempfindung in den Gelenken die Gesichtsvorstellung nach sich geformt.

Diesen Fällen, in denen theils objective theils subjective Sinneserregungen unmittelbar zu phantastischen Vorstellungen verarbeitet werden, schliessen sich solche an, in denen der Sinneseindruck zunächst eine dunkle Vorstellung des damit zusammenhängenden Körperzustandes wachruft, worauf dann Phantasmen entstehen, die sich entweder direct auf diesen Körperzustand beziehen oder durch einfache Associationen mit demselben verbunden sind. So hat Scherner bemerkt, dass die Hauptursache jener vielen Träume, in denen das Wasser eine Rolle spielt, der Urindrang des Schlafenden ist. Bald sieht dieser einen Brunnen vor sich, bald sieht er von einer Brücke in den Fluss hinab, auf dem vielleicht gar, vermöge einer weiteren nahe liegenden Association, zahllose Schweinsblasen hin- und hertreiben [1]. Hier hat dann wahrscheinlich der subjective Lichtstaub des Auges diese specielle Form der Vorstellung angenommen: anderemale wandelt sich derselbe, direct durch das Bild des Flusses angeregt, in zahllose glänzende Fische um. So kommt es, dass die Fische, und zwar fast immer in der Mehrzahl, ein sehr gewöhnlicher Bestandtheil der Träume sind. Nicht minder häufig knüpfen die Traumvorstellungen an wirkliche Hunger- und Durstempfindungen an, oder sie sind durch die Beschwerden einer allzu reichlichen Abendmahlzeit verursacht. Der durstige Träumer sieht sich in eine Trinkgesellschaft versetzt, der hungrige isst selbst oder sieht Andere essen, ebenso der Uebersättigte; oder er sieht Esswaaren in grosser Menge vor sich ausgestellt. Wenn Schwindel und Uebelkeit sich hinzugesellen, so glaubt er sich wohl plötzlich auf einen hohen Thurm versetzt, von dem er sich in schwindelnde Tiefe hinab erleichtert. Endlich gehören hierher auch jene häufigen Verlegenheitsträume, bei denen der Träumer in höchst mangelhafter Toilette auf der Strasse oder in einer Gesellschaft erscheint, Träume, als deren unschuldige Ursache sich insgemein eine herabgefallene Bettdecke herausstellt. In sehr missliche Situationen sieht sich der Träumer versetzt, wenn ihn etwa eine schiefe Lage des Bettes mit der Gefahr herauszufallen bedroht. Er klettert dann an einer hohen Mauer herab oder sieht sich über einem tiefen Abgrund u. s. w. Die zahllosen Träume, in denen man etwas sucht und nicht findet oder bei der Abreise etwas vergessen hat, kommen von unbestimmteren Störungen des Gemeingefühls her. Unbequeme Lage, geringe Athembeklemmungen, Herzklopfen können solche Vorstellungen wachrufen.

---

[1] Scherner a. a. O. S. 187.

Die Beziehung derselben zu dem sinnlichen Eindruck wird hier nur durch das sinnliche Gefühl vermittelt, das vermöge seiner Vieldeutigkeit sehr verschiedenartige Associationen zulässt, bei denen nur immer der Gefühlston derselbe bleibt. Darum wird dann auch in diesem Fall nur die allgemeine Richtung der Vorstellungen durch die Empfindung bestimmt, während ihr besonderer Inhalt aus andern Quellen, theils aus der Reproduction theils aus anderweitigen Sinneseindrücken, herstammt. Bei allen von Tast- und Gemeingefühlen ausgehenden Traumvorstellungen erweist sich endlich noch ein Vorgang wirksam, der dem Traume vorzugsweise eigen ist und in ähnlicher Weise nur noch in Fällen hochgradiger geistiger Zerrüttung vorzukommen scheint: er besteht darin, dass die Tast- und Gemeingefühle objectivirt werden, indem der Träumer sein eigenes Befinden in eine phantastische Form umgesetzt auf andere Personen oder überhaupt auf äussere Gegenstände überträgt. Dabei können dann diese äusseren Vorstellungen entweder durch freie Reproduction der Eindrücke des wachen Lebens oder selbst aus unmittelbaren Sinneseindrücken entstanden sein. Fälle solcher Objectivirung haben wir kennen gelernt in den Wasserträumen, den Trink- und Essträumen, welche letzteren oft ganz auf eine fremde Gesellschaft bezogen werden. Auch bei der Deutung der Athmungen als Flugbewegungen versetzt der Träumer die Vorstellung oft aus sich heraus: er sieht einen Engel niederschweben, oder er deutet das Lichtchaos auf fliegende Vögel. Eine leise Uebelkeit wird zur Vorstellung eines Ungeheuers oder eines hässlichen Thieres objectivirt, das seinen Rachen gegen den Schläfer aufsperrt. Knirscht der letztere mit den Zähnen, so sieht er ein Gesicht vor sich, welchem furchtbar lange Zähne aus den Kiefern wachsen u. dergl.

Mit denjenigen Traumvorstellungen, welche sich auf Sinnesreize zurückführen lassen, vermengen sich in der Regel andere, die sichtlich in der Reproduction ihre Quelle finden. Die Erlebnisse der verflossenen Tage, namentlich solche, die einen tieferen Eindruck auf uns hervorgebracht haben oder mit einem Affecte verbunden gewesen sind, bilden die gewöhnlichsten Bestandtheile unserer Träume. Jüngst verstorbene Angehörige oder Freunde erscheinen vermöge des tiefen Eindrucks, welchen Tod und Leichenbegängniss auf uns hervorbringen, ganz gewöhnlich im Traume; daher der weitverbreitete Glaube, dass die Gestorbenen in der Nacht ihren Verkehr mit den Lebenden fortsetzen. Oft genug wiederholen sich uns aber auch andere Begegnisse des täglichen Lebens mit mehr oder minder bedeutender Verschiebung der Umstände, oder wir anticipiren Ereignisse, denen wir mit Spannung entgegensehen. Die ausserordentliche Freiheit, mit der dabei der Traum überall von der Wirklichkeit abweicht, erklärt sich theils aus den Associationen, die sich an jede einzelne Vorstellung knüpfen können, und die, während sie im wachen Leben wirkungslos verklingen, im Traume

unmittelbar Gestalt gewinnen, theils aus den Sinneserregungen, die fortwährend in der vorhin geschilderten Weise zu phantastischen Vorstellungen verarbeitet werden, und die, ebenso wie sie selbst der Reproduction ihre Richtung geben, doch auch wieder fortwährend die Vorstellungen durchkreuzen und neue Reproductionen veranlassen. Ausserdem können aber neuere Eindrücke, die sich uns im Traume wiederholen, durch Association frühere Erlebnisse zurückrufen. Wer z. B. in den letzten Tagen einer Schulprüfung angewohnt hat, sieht sich selbst auf die Schulbank zurückversetzt, um nun alle Pein eines unvorbereiteten Examens zu bestehen, wo sich dann als nähere Ursache für diese besondere Richtung des Affectes gewöhnlich die unbequeme Lage des Träumers, Athembeklemmung u. dergl. herausstellen wird. Wahrscheinlich in allen Fällen, wo uns längst vergangene Ereignisse, Scenen der Kindheit u. s. w. im Traume vorkommen, ist solches durch derartige Associationen verursacht, deren Fäden einer aufmerksamen Beobachtung selten entgehen werden [1].

Die Traumvorstellungen können, gleich den Phantasmen des wachen Zustandes, eine Miterregung der motorischen Centraltheile hervorbringen.

---

[1] Es sei mir gestattet, diese Verwebung der verschiedenen Ursachen, welche auf solche Weise zusammenwirken können, an einem einzigen Beispiel zu veranschaulichen. Vor dem Hause stellt sich, so träumte mir, ein Leichenzug auf, an welchem ich Theil nehmen soll: es ist das Begräbniss eines vor längerer Zeit verstorbenen Freundes. Die Frau des Verstorbenen fordert mich und einen andern Bekannten auf, uns auf dem jenseitigen Theil der Strasse aufzustellen, um an dem Zug Theil zu nehmen. Als sie fortgegangen, bemerkt der Bekannte: »das sagt sie nur, weil dort drüben die Cholera herrscht; desshalb möchte sie diese Seite der Strasse für sich behalten!« Nun versetzt mich der Traum plötzlich ins Freie. Ich finde mich auf langen, seltsamen Umwegen, um den gefährlichen Ort, wo die Cholera herrschen soll, zu vermeiden. Als ich endlich nach angestrengtem Laufen am Haus ankomme, ist der Leichenzug schon weggegangen. Noch liegen aber zahlreiche Rosenbouquets auf der Strasse, und eine Menge von Nachzüglern, die mir im Traume als Leichenmänner erscheinen, sind alle gleich mir im eiligen Lauf begriffen, den Zug einzuholen. Diese Leichenmänner sind sonderbarer Weise alle sehr bunt, namentlich roth gekleidet. Während ich eile, fällt mir ausserdem noch ein, dass ich einen Kranz vergessen habe, den ich auf den Sarg legen wollte. Darüber erwache ich denn mit Herzklopfen. — Der ursächliche Zusammenhang dieses Traumes ist folgender. Tags zuvor war mir der Leichenzug eines bekannten Mannes begegnet. Ferner hatte ich in der Zeitung gelesen, dass in einer Stadt, in der sich ein Verwandter aufhielt, die Cholera ausgebrochen sei; und endlich hatte ich über die im Traume erscheinende Dame mit dem betreffenden Bekannten geredet, wobei mir dieser einige Thatsachen erzählte, aus denen der eigennützige Sinn derselben hervorgieng. Dies sind die Elemente der Reproduction. Der gesehene Leichenzug erweckte offenbar die Erinnerung an das Begräbniss des vor einiger Zeit verstorbenen Freundes, daran schliesst sich die Frau desselben; die Erzählung des Bekannten über sie verwebt sich mit der Nachricht über die Cholera. Die weiteren Bestandtheile des Traumes gehen dann vom Gemeingefühl und von Sinneserregungen aus. Herzklopfen und Angstgefühl lassen mich zuerst den gefährlichen Ort umlaufen, dann dem abgegangenen Leichenzug nacheilen, und als dieser beinahe eingeholt ist, erfindet die Phantasie den vergessenen Kranz, dessen Vorstellung durch die auf der Strasse liegenden Rosensträusse nahe gelegt ist, um das Motiv für das vorhandene Angstgefühl nicht ausgehen zu lassen. Die zahlreichen Rosensträusse und der Schwarm der bunt gekleideten Leichenmänner endlich werden wohl in dem Lichtchaos des dunklen Gesichtsfeldes ihre Ursache haben.

Am häufigsten combiniren sich mit denselben Sprachbewegungen, oft auch pantomimische Bewegungen der Arme und Hände. Selten nur führt der Traum zusammengesetzte Handlungen mit sich. Diese verrathen dann in der Regel die illusorische Natur der Traumvorstellungen. Der Nachtwandler steigt zum Fenster hinaus, weil er es für die Thüre hält; er wirft den Ofen um, in welchem er einen kämpfenden Gegner fühlt, u. dergl. Möglicher Weise mag es dann auch wohl vorkommen, dass die gewohnte Beschäftigung des Tages wie in den Vorstellungen, so auch in den Handlungen in ziemlich normaler Weise sich fortsetzt, dass also z. B. der nachtwandelnde Hausknecht ruhig seine Stiefeln putzt oder gar der nachtwandelnde Schüler den angefangenen Aufsatz zu Ende schreibt. Natürlich sind aber die Berichte über derartige Begebenheiten, die um des mystischen Zaubers willen, der in den Augen Vieler den Traum umgibt, so gern übertrieben werden, mit grosser Vorsicht aufzunehmen. Jedenfalls liegt es vielmehr in der Natur des Traumes, dass er zu verkehrten Handlungen führt. Dies ist nicht nur in der Beschaffenheit der einzelnen Phantasmen, sondern auch in dem ganzen Zusammenhang derselben begründet, welcher sich von dem regelmässigen Verlauf der Vorstellungen im wachen Zustande weit entfernt. Den Grund dieses Unterschieds haben wir schon oben berührt. Er liegt in der Eigenschaft des Traumes, aus zwischentretenden Eindrücken und Associationen alsbald fertige Vorstellungen zu gestalten. Hierdurch entsteht jene Zusammenhanglosigkeit der Traumbilder, welche wahrscheinlich die meisten Träume für immer unserm Gedächtniss entzieht. Sie ruft aber auch in den zusammenhängenderen Träumen, an die wir uns erinnern können, einen fortwährenden phantastischen Wechsel der Scenen und Bilder hervor. Genau hiermit hängt das geringe Maass von Besinnung und Urtheil zusammen, das uns in den Träumen eigen ist. Wir reden vollkommen fertig alle möglichen Sprachen, von denen wir in Wirklichkeit eine ausnehmend geringe Kenntniss besitzen. Klingt uns dann beim Erwachen etwa noch die letzte Phrase im Ohr, so entdecken wir mit Erstaunen, dass sie vollkommen sinnlos ist, und dass die meisten Wörter gar nichts bedeuten. Oder wir halten eine Rede über eine wissenschaftliche Entdeckung, deren Tragweite wir nicht genug zu rühmen wissen; und beim Erwachen stellt sich die Sache als der vollendetste Unsinn heraus. Ein anderes Mal erwachen wir lachend über einen vermeintlich köstlichen Witz, oder wir glauben eine wichtige philosophische Idee ausgesprochen zu haben. Dieser Mangel an Urtheil reicht manchmal noch einigermassen in den wachen Zustand hinüber, und erst bei hellem Tageslicht erweist sich die anscheinend geistreiche Bemerkung als ein höchst trivialer Gedanke. Mit dieser Besinnungslosigkeit steht denn auch offenbar die Erscheinung in Verbindung, dass wir unsere eigenen Gefühle und Tast-

empfindungen objectiviren, dass wir Persönlichkeiten, zwischen denen sich irgend welche Association für unsere Vorstellung findet, mit einander vertauschen, oder dass uns unsere eigene Persönlichkeit als ein Anderer erscheint, der uns gegenüber steht. Sobald wir uns dann etwa im Traume auf eine solche Verwechslung besinnen, so tritt regelmässig auch das Erwachen ein.

Durch die Incohärenz der Ideen, die Urtheilstäuschungen und Verwechselungen, welche dieselbe mit sich führt, wird die Verwandtschaft des Traumes mit der geistigen Störung, die in den phantastischen Vorstellungen ihren nächsten Vergleichungspunkt hat, vollendet. In der That können wir im Traume fast alle Erscheinungen, die uns in den Irrenhäusern begegnen, selber durchleben. Nur liefert der Traum, der von den Reproductionen der jüngsten Vergangenheit lebt, seiner Natur nach wechselndere Bilder, während der Irre meistens in festere Vorstellungskreise gebannt bleibt. Diese Analogie zwischen Traum und Wahnsinn beruht ohne Zweifel auf übereinstimmenden Ursachen. Die gesteigerte Reizbarkeit der centralen Sinnesflächen, welche die Entstehung phantastischer Vorstellungen begünstigt, macht zugleich jeden Eindruck und jede Reproduction zu einem wirksamen Anknüpfungspunkt neuer Ideenverbindungen. Darum treten fast unvermeidlich zur Hallucination und phantastischen Illusion Störungen im Verlauf der Vorstellungen hinzu, und bei der geistigen Störung können, wie es scheint, die letzteren sogar zuweilen als die einzigen Zeichen der veränderten centralen Reizbarkeit auftreten. In der Regel vermag hier der Wille längere Zeit noch abnorme Handlungen, zu denen die Vorstellungen hindrängen, zu unterdrücken, bis bestimmte Ideen, die, durch irgend einen Zufall entstanden, sich immer wieder reproduciren, schliesslich eine solche Macht gewinnen, dass der Drang zu der verkehrten Handlung unwiderstehlich wird. Hierher gehören die Fälle, wo plötzlich ein Individuum von dem Trieb ergriffen wird, in einer öffentlichen Versammlung oder in der Kirche unpassende Reden auszustossen, einen Andern oder sich selbst zu ermorden, sich von der Höhe eines Thurms herabzustürzen, Brand zu legen u. s. w. Vorstellungen dieser Art können auch dem völlig Gesunden auftauchen, aber er unterdrückt sie rasch, ohne ihnen weitere Folge zu geben. Pathologisch wird der Zustand, wenn die einmal auf diese Weise gebildete Vorstellung sich immer und immer wieder reproducirt und endlich den Verlauf aller andern Gedanken in unerträglicher Weise durchkreuzt. Oft bilden auch hier wahrscheinlich Störungen des Gemeingefühls die ursprüngliche Ursache der gesteigerten centralen Reizbarkeit [1]. Diese von eigentlichen Phantasmen befreiten Fälle kommen, wie man sieht, mit den heftigeren Formen geistiger Störung doch immer noch darin überein, dass sie zur Bildung f i x e r I d e e n tendiren, welche eine immer zwingendere Macht über alle andern Vorstellungen und über das Handeln gewinnen. Dieser allen psychischen Krankheiten gemeinsame Charakterzug findet darin seine Erklärung,

[1] Beobachtungen solcher Fälle vergl. bei MARC, Geisteskrankheiten, übers. von IDELER, I. S. 171, II, S. 342 f., ferner KNOP, die Paradoxie des Willens. Leipzig 1863. Die Frage der Zurechnung erörtert von KRAFFT-EBING, Vierteljahrsschr. f. gerichtliche Medicin, XII, S. 127 f. MARC und KNOP halten diese Erscheinungen für primitive Erkrankungen des Willens, eine Auffassung, die mir psychologisch nicht haltbar zu sein scheint, da alle Willensäusserungen von Vorstellungen ausgehen (vergl. Cap. XXI).

dass, wie schon angedeutet, jede psychische Störung mit einem Reizungszustand oder mit gesteigerter Reizbarkeit der centralen Sinnesflächen beginnt, welche auf die motorischen Centralgebiete mehr oder weniger intensiv übergreifen kann. Eine solche Zunahme der Reizbarkeit trägt nun allerdings die Disposition in sich, alle möglichen Vorstellungen in verstärktem Grade nachklingen zu lassen und zu öfterer Reproduction zu bringen. Aber sie führt, da das Bewusstsein immer nur eine begrenzte Zahl von Vorstellungen fortwährend disponibel zu halten vermag, nothwendig dazu, dass die leicht verfügbaren Vorstellungen sich auf einen immer enger werdenden Kreis zusammenziehen. In jedem Bewusstsein sind gewisse Vorstellungen herrschender als andere. In dem Bewusstsein des Geisteskranken lassen solche herrschende Vorstellungen, indem die Tendenz zu ihrer Reproduction immer mehr anwächst, schliesslich keine andern mehr neben sich aufkommen. Ihre nähere Beschaffenheit kann theils durch phantastisch umgestaltete Sinneseindrücke theils durch Gemeingefühle theils aber auch, wie ohne Zweifel in vielen Fällen rein formaler Störungen des Vorstellungsverlaufes, durch zufällige Erlebnisse bestimmt werden, die eine Vorstellung, wenn nur eine mehrmalige Reproduction derselben zu Stande gekommen ist, immer mehr fixiren. Hört dann nach längerer Zeit der centrale Reizungszustand auf, so ist durch die zurückbleibende Verödung der centralen Sinnesflächen das Bewusstsein überhaupt ein engeres geworden. In ihm haben daher nun nur noch jene festen Vorstellungen Platz, welche durch fortwährende Reproduction hinreichend fixirt sind. So kommt es, dass, je mehr der Reizungszustand der Paralyse weicht, die fixe Idee immer festere Wurzel fasst und endlich vor dem gänzlichen Erlöschen der geistigen Functionen das einzige Licht bleibt, das die geistige Nacht des Blödsinnigen erhellt.

Als Grundbedingung aller phantastischen Vorstellungen haben wir die erhöhte Reizbarkeit der centralen Sinnesflächen bezeichnet. Nach der Gelegenheitsursache, durch welche auf der so gegebenen Grundlage die einzelne Vorstellung entsteht, können wir aber allgemein zwei Arten der Phantasmen unterscheiden: solche aus physiologischer (peripherischer oder centraler) und solche aus psychischer Reizung. Die gewöhnlichen Erinnerungs- und Phantasiebilder würden, da sie auf Reproduction und Association beruhen, nur unter die letzte Classe fallen. Nun ist aber jedes Phantasiebild, wie es auch entstanden sein mag, von einer schwachen centralen Sinnesreizung begleitet; und wenn Phantasiebilder mit einander wechseln, so hat also die eine physiologische Reizung die andere abgelöst. Anderseits sind nicht nur bei den Einbildungs- sondern auch bei den Anschauungsvorstellungen Reproduction und Association wirksam. Hierin zeigt sich schon, dass jene Unterscheidung einer physiologischen und psychischen Reizung eine bloss äusserliche ist, welche, obzwar für die Gruppirung der Thatsachen zweckmässig, doch nicht das Wesen der Sache trifft. Wenn die unmittelbare Reproduction einer früheren Vorstellung zum Phantasma wird, wenn sich uns z. B. im Traume wirkliche Erlebnisse reproduciren und sich dann daran durch Association weitere Vorstellungen anschliessen,

so ist dies einer der reinsten Fälle psychischer Reizung, die sich hier in doppelter Form bethätigt, einmal nämlich als anscheinend freies Aufsteigen einer zuvor im Bewusstsein gewesenen Vorstellung, und sodann durch die Wirkung, welche die eine Vorstellung von einer andern empfängt. Nun ist eine frei aufsteigende Vorstellung immer eine solche, für die durch oft wiederholte oder intensive Eindrücke eine physiologische Disposition besteht, und wir werden sehen, dass ihre Erweckung in das Bewusstsein wahrscheinlich gleichfalls durch Associationen geschieht, welche uns nur entgehen, weil ein ausserordentlich geringer Anstoss schon genügt, um eine so leicht bewegliche Vorstellung wachzurufen [1]. Hierdurch wird dieser erste Fall auf den zweiten zurückgeführt, wo eine Vorstellung eine andere erweckt, mit der sie durch Association verbunden ist. Dabei ist nun das reproducirende Bild ebenso wie das reproducirte mit einer physiologischen Reizung verbunden. Um zu erklären, wie mit der Häufigkeit einer Association zugleich die Geläufigkeit derselben zunimmt, müssen wir aber nothwendig annehmen, dass die erste Reizung die zweite, sofern nicht Widerstände dem entgegen wirken, unmittelbar nach den Gesetzen der Ausbreitung der physiologischen Reizung wachruft. Der physiologische Vorgang, der bei der Association anzunehmen ist, unterscheidet sich also von dem Process, welcher der Illusion und zum Theil sogar jeder normalen Wahrnehmung zu Grunde liegt, lediglich dadurch, dass dort die verursachende physiologische Reizung von der verursachten der Zeit nach deutlich getrennt ist, während hier der eine Vorgang den andern sofort und als einen gleichzeitigen Bestandtheil der Anschauung herbeiführt. Diese Erzeugung der einen Reizung durch eine andere, mit der sie oft verbunden gewesen ist, steht aber mit den allgemeinen Eigenschaften der Centraltheile in engem Zusammenhang [2].

---

1) Vergl. Cap. XIX.
2) Vergl. Cap. V und VI, sowie unten Cap XIX.

Sechszehntes Capitel.

Complexe Vorstellungen, Allgemeinvorstellungen und Anschauungsformen.

Aus den Einzelvorstellungen gehen alle zusammengesetzteren psychischen
ebilde hervor. Der letzteren lassen sich aber drei Classen unterschei-
en: 1) Verbände verschiedenartiger Einzelvorstellungen oder complexe
orstellungen, 2) Schemata, die sich aus einer zusammengehörigen
ruppe von Einzelvorstellungen aussondern, oder Allgemeinvorstel-
ıngen, und 3) gemeinsame Formen, welche alle Einzelvorstellungen um-
ssen, die Anschauungsformen, Zeit und Raum.

Sobald mit einer gewissen Regelmässigkeit Wahrnehmungen ver-
:hiedener Sinne zusammen vollzogen werden, vereinigen sich dieselben
ı einer complexen Vorstellung. Das Dasein einer solchen Verbin-
ıng pflegt sich durch die Reproduction zu verrathen. Wenn nämlich in
nem gegebenen Fall einer der Sinneseindrücke, welche die complexe Vor-
ellung bilden, hinwegbleibt, so wird derselbe trotzdem hinzugedacht, ähn-
:h wie dies schon in Bezug auf fehlende Bestandtheile der Einzelvorstel-
ıng bei der physiologischen Illusion geschieht[1]. Die meisten unserer
orstellungen sind so in Wirklichkeit complexe Vorstellungen, da im all-
emeinen jedes Ding mehrere disparate Merkmale besitzt, die zu ebenso
ielen Einzelvorstellungen Veranlassung geben. Dabei sind aber allerdings
iejenigen Bestandtheile, welche nicht direct aus Sinneseindrücken hervor-
ehen, oft sehr schwach und unbestimmt, so z. B. wenn sich mit dem
esichtsbild eines Körpers eine undeutliche Vorstellung seiner Härte und
chwere, mit dem Anblick eines musikalischen Instrumentes ein leises Klang-
ild verbindet u. s. w. Diese Phantasiebestandtheile werden stärker, wenn
lie unmittelbare Sinneswahrnehmung schon eine Hindeutung auf die Be-
chaffenheit der übrigen Empfindungen enthält. Auf diese Weise bilden
ich namentlich zwischen gewissen Gesichtswahrnehmungen und Tast-
mpfindungen festere Verbände. So erweckt der Anblick einer scharfen
Spitze, einer rauhen Oberfläche, eines weichen Sammtstoffs unwillkürlich
lie entsprechenden Tastempfindungen in nicht zu verkennender Deutlich-
keit. Aehnlich können sich Gehörseindrücke mit Tast- und Gemeingefühlen

[1] Vergl. Seite 654.

verbinden, wie denn z. B. sägende Geräusche manchen Menschen durch die begleitenden Empfindungen unerträglich sind. In dieser Verbindung der höheren Sinneseindrücke mit Einbildungsempfindungen des Tastsinnes liegt die Ursache der zum Theil sehr heftigen Gefühle, die sich an gewisse an sich durchaus objective Wahrnehmungen und Vorstellungen knüpfen. Die nahe Beziehung der Tastempfindungen zu den sinnlichen Gefühlen macht diese Erscheinung begreiflich. Der Zuschauer einer schmerzhaften Verletzung empfindet thatsächlich selbst den Schmerz, den er einem Andern zufügen sieht, wenn auch nur im abgeschwächten Phantasiebilde. Ja noch mehr, schon die drohend emporgehobene Schusswaffe, der gezückte Dolch, wenn sie nicht einmal gegen uns selbst gerichtet sind, oder wenn wir, wie auf dem Theater, wissen, dass die Flinte nicht geladen ist, wecken noch immer ein schwaches Phantasiebild von Verletzungen am eigenen Leibe. In diesen Erscheinungen liegt eine rein sinnliche Quelle unseres Mitgefühls an Schmerz und Gefahr Anderer.

Eine zweite wichtige Ursache complexer Vorstellungen bilden die Verbindungen der Sinneseindrücke mit eigenen Bewegungen. Wie sich an den Einzelvorstellungen des Tast- und Gesichtssinns Bewegungen betheiligen, so sind solche auch bei der Combination verschiedenartiger Sinnesvorstellungen wirksam, und oft fallen beiderlei Bewegungen mit einander zusammen. Dieselben Tastbewegungen der Hände, welche die Localisation der Gefühlseindrücke vermitteln helfen, ergänzen zugleich das Gesichtsbild eines Gegenstandes zur complexen Vorstellung. Aber auch wo ein objectiver Eindruck gar nicht gegeben ist, kann die Bewegung den nur in der Einbildung vorhandenen Gegenstand gleichsam fingiren, indem Auge und Hand sich demselben zuwenden oder seine Umrisse umschreiben. Dadurch erhält das Phantasiebild wenigstens einen Theil jener sinnlichen Lebendigkeit, die sonst nur der unmittelbaren Wahrnehmung zukommt.

Hierin liegt die grosse Bedeutung der pantomimischen und mimischen Bewegungen. Mit der Entstehung dieser Ausdrucksbewegungen werden wir uns später [1]) beschäftigen; hier muss ihrer nur als einer wichtigen Hülfe für die Verbindung der Vorstellungen gedacht werden. Die Pantomime und der mimische Gesichtsausdruck sind subjective Reflexe bestimmter Vorstellungen. Sie sind theils unmittelbare Aeusserungen eines Gefühls oder Affectes, theils Nachbildungen bestimmter Tast- und Gesichtsvorstellungen. So verräth sich der Abscheu vor einem widrigen Gegenstand in Abwehrbewegungen, der Zorn gegen denselben in auf ihn eindringenden Verfolgungsbewegungen. Ausserdem können sich lebhafte Vor-

[1]) Cap. XXII.

stellungen unwillkürlich mit solchen Pantomimen verbinden, welche die ungefähren Umrisse des vorgestellten Gegenstandes wiederholen. Alle diese Bewegungen, die übrigens nur beim Naturmenschen in ihrer ursprünglichen Lebendigkeit zu beobachten sind, können sowohl von Anschauungs- wie von Einbildungsvorstellungen ausgehen. In beiden Fällen combinirt sich mit der äussern Vorstellung das Bild der eigenen Bewegung mittelst der an dieselbe geknüpften Innervations- und Tastempfindungen. So stellen sich feste Verbände zwischen bestimmten Vorstellungen und den durch sie erweckten Ausdrucksbewegungen her. Die objective Vorstellung ruft nun die zu ihr gehörige subjective Bewegung und hinwiederum diese die erstere wach. Hierdurch eben wird die Geberde im Verkehr der Menschen zum Ausdrucksmittel der Vorstellungen, und nachdem sie einmal diese Bedeutung erlangt hat, wird dann in Folge dessen wiederum die feste Verbindung bestimmter Geberdezeichen mit Vorstellungen begünstigt. Die S p r a c h e ist nur eine Form der Geberde. Sie entwickelt sich, gleich der Pantomime, theils als affectartige theils als nachahmende Bewegung. Selbst der Taubstumme, der seine eigenen Laute nicht zu hören vermag, begleitet daher seine Stimmungen und sogar einzelne Vorstellungen mit Sprachgeberden[1]. Wenn wir von dieser unarticulirten Sprache der Taubstummen die von den letzteren selbst nur als Bewegung wahrgenommen wird, absehen, so führt jeder Sprachlaut eine doppelte Complication mit sich. Es verbindet sich nämlich die Vorstellung sowohl mit der Bewegungsempfindung der Sprachorgane wie mit dem Schalleindruck. Beide, Bewegungsempfindung und Laut, müssen nothwendig in den Anfängen der Sprachbildung in einer gewissen inneren Affinität stehen zu der Vorstellung. Diese, die zu ihr gehörige Ausdrucksbewegung und der Sprachlaut, bilden zusammen eine C o m p l i c a t i o n v e r w a n d t e r V o r s t e l l u n g e n. Nun sind die Vorstellungen, die durch Pantomime oder Sprachlaut ausgedrückt werden, selbst in der Regel schon complexe Vorstellungen, welche Gegenständen mit disparaten Merkmalen entsprechen. Geberde und Sprache knüpfen aber nothwendig an ein solches Merkmal an, für das im Gebiet der Bewegungs- und Schallempfindungen ein verwandter Eindruck gefunden werden kann. Für die Sprache liegt diese Verbindung sehr nahe, wenn das Hauptmerkmal des Gegenstands selbst dem Gehörssinne angehört: der Schalleindruck wird, wie in allen Sprachen nachweisbar ist, durch einen Sprachlaut bezeichnet, der ihm ähnlich ist[2]. In diesem Fall bilden aber der Laut und die ihm entsprechende Vorstellung nicht mehr eine Verbindung disparater

---

[1] Von der auf S. 477 erwähnten Laura Bridgeman wird berichtet, dass sie nicht nur für ihre Affecte, sondern auch für bestimmte Vorstellungen, wie für Essen und Trinken, für ihre nächsten Bekannten, bestimmte Laute besass.

[2] Man denke an Wörter wie schnurren, zischen, brausen, rasseln u. s. w.

sondern gleichartiger und möglichst übereinstimmender Vorstellungen. Eine solche Verbindung steht auf der Grenze zwischen Complication und Verschmelzung[1]. Denn die Schallvorstellung und der ihr nachgebildete Sprachlaut sind einander so ähnlich, dass der letztere fast nur wie eine Wiederholung der ursprünglichen Vorstellung erscheint. Identische Vorstellungen können aber nur zu einer einzigen Vorstellung verschmelzen. Dennoch behält auch in diesem Fall die Verbindung insofern immer den Charakter der Complication, als der Sprachlaut zugleich die eigene Bewegung als einen besonderen Bestandtheil enthält. Entfernter ist die Verwandtschaft des Sprachlauts und der Vorstellung, wenn diese aus andern Sinneseindrücken stammt. Hier spielen dann zweifellos die in Cap. X besprochenen Analogieen der Empfindung eine wichtige Rolle[2]. Sie machen die Uebersetzung der verschiedenartigsten Sinneseindrücke in die eine Form der Gehörempfindungen möglich. Der Ursprung jener Analogieen aus dem sinnlichen Gefühl erklärt einerseits die Unbestimmtheit der Verwandtschaft zwischen Sprachlaut und Vorstellung, anderseits den nahen Zusammenhang der Sprachbildung mit Gefühl und Affect. In den ausgebildeten Sprachen ist diese Beziehung allmälig abgeblasst, wenn auch in Wörtern wie »hart, mild, süss, sanft« u. s. w. immerhin noch eine Spur derselben erhalten scheint[3]. Zumeist ist aber die ursprüngliche Bedeutung der Sprachwurzeln durch die Umwandlung derselben in conventionelle Vorstellungssymbole verloren gegangen. Indem bei der Umbildung der Sprache vorzugsweise die physiologische Bequemlichkeit des Sprechenden zur Geltung kommt, und indem bei der Uebertragung der Sprachsymbole auf neue Vorstellungen Associationen eine Rolle spielen, die in den besonderen historischen Erlebnissen der Völker ihren Grund haben, muss immer mehr die sinnliche Bedeutung der Laute verwischt werden. Dieser Process, durch den die Sprache gewiss unendlich viel von ihrer einstigen Lebendigkeit einbüsste, ist für ihre Befähigung Ausdrucksmittel abstracter Begriffe zu sein von grosser Wichtigkeit geworden: denn dazu ist es gerade erforderlich, dass der Sprachlaut seine ursprüngliche, noch

---

[1] Die Ausdrücke Complication und Verschmelzung sind von HERBART in die Psychologie eingeführt. (Psychologie als Wissenschaft. Werke Bd. 5, S. 361.) Wir adoptiren sie, ohne den weiteren Annahmen HERBART's über die Wirkungen solcher Complexionen und Verschmelzungen auf den Mechanismus der Vorstellungen zu folgen. Vergl. Cap. XIX.

[2] Vergl. S. 452.

[3] Wenn L. GEIGER sagt, die Sprache sei nicht Nachahmung des Schalls, sondern durch den Schall, wobei er auf die herrschende Bedeutung der Gesichtsvorstellungen auch für den sprachlichen Ausdruck hinweist (Ursprung und Entwicklung der menschlichen Sprache und Vernunft. Stuttgart 1868. Bd I, S. 22 f.), und wenn LAZARUS (Leben der Seele II, S. 101) von einem metaphorischen Gebrauch der Lautformen redet, so ist damit offenbar der nämliche Vorgang gemeint, den wir hier psychologisch auf die Analogieen der Empfindung zurückführen.

durchaus an die sinnliche Vorstellung gekettete Bedeutung verliere. Ein ähnlicher Process hat sich bei der Entwicklung der Schrift vollzogen. Das natürlichste Hülfsmittel, um den Gegenstand durch ein lautloses Symbol zu bezeichnen, ist die Nachbildung seiner Form: wie die darstellende Pantomime die Umrisse des Gegenstandes in der Luft nachzeichnet, so fixirt ihn die Schrift im Bilde. Der natürliche und allgemeine Ausgangspunkt der Schrift ist daher die Bilderschrift[1]. Sobald aber die Sprache die Stufe des abstracten Gedankens erreicht hat, zwingt sie auch die Schrift ihr zu folgen. Das Schriftbild wird zum conventionellen Lautzeichen. Dieses, anfangs noch das einzelne Wort bedeutend, zieht sich endlich, um dem Reichthum des sprachlichen Ausdrucks folgen zu können, zurück auf die alphabetischen Elemente der Sprachlaute. Obgleich bekanntlich jedes einzelne unserer Schriftzeichen, wie sich historisch nachweisen lässt, noch die Spuren seines Ursprungs aus der Bilderschrift an sich trägt, so ist uns doch hier mehr noch als beim Sprachlaut jene sinnliche Bedeutung verloren gegangen, da die Umwandlung der Schrift in ein System von Zeichen offenbar zum grossen Theil das Product wirklich zweckmässiger Absicht und Uebereinkunft gewesen ist. Sprachlaut und Schriftzeichen sind durch ihre im Ganzen analoge Entwicklung zu Vorstellungssymbolen geworden, die nur noch vermöge der gewohnheitsmässigen Verbindung mit dem Gegenstand, den sie bedeuten, in eine complexe Vorstellung zusammenfliessen. Diese Verbindung bleibt aber darum doch eine ausnehmend innige. Wir denken zwar nicht immer in Sprachlauten, wir können uns wirklich erlebte oder geträumte Vorgänge leicht in der Form des blossen Gesichtsbildes vergegenwärtigen; aber unser Denken greift regelmässig zum Wort, sobald es sich abstracten Begriffen zuwendet, ja im letzteren Fall gesellt sich zum Wort nicht selten unwillkürlich das Schriftzeichen. Ob uns die Complication der drei Elemente, Vorstellung, Sprachlaut und Schriftzeichen, vollständig zum Bewusstsein kommt, dies hängt ausserdem davon ab, welches dieser Elemente etwa unmittelbar sinnlich auf uns einwirkt. Die Vorstellung kann unter Umständen isolirt bleiben; der Sprachlaut ruft regelmässig das Vorstellungsbild herbei, das Schriftzeichen erweckt den Sprachlaut sammt dem Vorstellungsbilde. Hierin wiederholt sich also die Entwicklungsfolge, in welcher die Bestandtheile der complexen Vorstellung an einander gefügt wurden. Doch macht der abstracte Begriff eine Ausnahme. Ihm entspricht in der Vorstellung überhaupt nur das gesprochene oder geschriebene Wort, das bei ihm zum vollständigen Aequivalent der sinnlichen Vorstellung wird. Den sinnlich nicht zu construirenden Be-

---

[1] Nachweise hierzu vergl. bei E. B. Tylor, Forschungen zur Urgeschichte der Menschheit. A. d. Engl. von Müller. Cap. V, S. 105 f.

griffen substituirt es vorstellbare Zeichen, die sich nun auf das innigste verbinden, so dass nicht nur mit dem Schriftzeichen das Wort, sondern in der Regel auch umgekehrt mit dem Wort das Schriftzeichen vorgestellt wird. Bei Menschen, die an abstractes Denken und an dessen Ausdruck in Sprache und Schrift gewöhnt sind, überträgt sich diese Substitution des Symbols für den Begriff in gewissem Grade sogar auf das sinnliche Gebiet. In dem Verlauf ihrer Gedanken treten manchmal selbst die Einzelvorstellungen hinter ihren Sprach- und Schriftzeichen zurück. Wie viel in allen diesen Fällen die gewohnheitsmässige Verbindung gewisser Vorstellungen leistet, die ursprünglich durchaus beziehungslos neben einander bestehen können, dies zeigt auch die Erlernung der Sprache. Je öfter der Gegenstand und sein Zeichen zusammen vorgestellt worden sind, um so fester verbinden sie sich. Etwas von jenem Glauben des Naturmenschen, der in dem Bild den Mann, den es vorstellt, zu verletzen oder mit dem Namen die Eigenschaften der Person, die ihn trug, einem Andern mitzutheilen glaubt, ist noch auf uns übergegangen, wenn dem naiven Bewusstsein die Laute der Muttersprache den Dingen, die sie bedeuten, vorzugsweise verwandt zu sein scheinen[1].

Allgemeinvorstellungen bilden sich aus einer Anzahl von Einzelvorstellungen, die in mehreren ihrer Bestandtheile übereinstimmen. Da jedes Element einer Vorstellung um so leichter reproducirt wird, je öfter dasselbe schon im Bewusstsein vorhanden gewesen ist, so müssen die übereinstimmenden Elemente der Vorstellungen in unsern Erinnerungs- und Phantasiebildern eine grössere Stärke besitzen. Aber auch bei neuen sinnlichen Eindrücken werden Elemente, die schon oft reproducirt sind, am leichtesten erweckt, indem sich ihnen vorzugsweise die sinnliche Aufmerksamkeit zuwendet. So genügen die Reproductionsgesetze vollständig, um die Entstehung der Allgemeinvorstellungen zu begreifen, und es ist nirgends ein zureichender Grund gegeben, dieselben mit der älteren Psychologie auf eine besondere Abstractionskraft der Seele zurückzuführen[2].

Gemäss dieser Entstehungsweise sind die Allgemeinvorstellungen Sche-

---

[1] Vergl. Lazarus, das Leben der Seele II, S. 77.

[2] Von Herbart und Beneke ist das erkannt worden. Ihre Erklärung der Allgemeinvorstellungen und Begriffe leidet an dem andern Fehler, dass sie dieselben thatsächlich aus einer blossen Wechselwirkung der Vorstellungen hervorgehen lassen, Herbart aus der Abstossung ungleichartiger, Beneke aus der Anziehung gleichartiger Elemente. (Herbart Werke Bd. 6. S. 164 f., Beneke, psychologische Skizzen II S. 158 f.) Aber nicht die Vorstellungen ziehen sich an oder stossen sich ab, sondern das Bewusstsein wird durch häufige Wiederholung derselben in höherem, durch seltene in geringerem Grade zur Reproduction disponirt. Vergl. hierüber Cap. XIX, wo wir ausführlicher auf die Theorieen der zwei genannten Psychologen zurückkommen werden.

mata der Einzelvorstellungen. Je bestimmter wir uns aber eine allgemeine Vorstellung, z. B. Haus oder Baum, im Bewusstsein vergegenwärtigen wollen, um so mehr nimmt sie specielle Merkmale an und geht dadurch in eine wirkliche Einzelvorstellung über. Aber diese unwesentlicheren Elemente verschwinden auch leicht wieder, andere treten aus unserem Erinnerungsvorrath an deren Stelle. Indem so die eine Einzelvorstellung von der andern abgelöst wird, vollzieht sich ein eigenthümlicher Zerfliessungsprocess der Vorstellungen. Im Grunde ist es erst dieser Vorgang, durch welchen uns die Allgemeinvorstellung als solche bewusst wird. Durch ihn fassen wir die Einzelvorstellungen als eine zusammengehörige Gruppe auf. Dieser ganze Process beruht aber auf den allgemeinen Associationsgesetzen. Die schematischen Elemente der Allgemeinvorstellung ziehen andere Bestandtheile, mit denen sie oft verbunden gewesen sind, mit sich in das Bewusstsein, ähnlich wie wir dies bei der physiologischen Illusion bereits kennen lernten[1]. In der That begünstigt dieselbe Anlage, welche die Illusion begründet, auch den Zerfliessungsprocess. Das Kind erklärt einen auf Papier gezeichneten Kreis abwechselnd für einen Teller, für einen Teich, für den Mond u. s. w., während der Erwachsene in der Figur eben immer nur das Schema des Kreises sieht. So geht, je frischer die Reproduction ist, um so mehr das Bewusstsein vollständig in Einzelvorstellungen auf. Je mehr dagegen durch oft wiederholte Eindrücke sich feste Schemata für ähnliche Gegenstände gebildet haben, um so mehr nähert sich jedes einzelne Phantasiebild der Allgemeinvorstellung. Bei gleicher Disposition zerfliesst die letztere schwerer, wenn ihre gleichartigen Bestandtheile gross, ihre ungleichartigen Bestandtheile klein an Zahl sind. Die geometrischen Vorstellungen, wie Kreis, Quadrat, Dreieck u. s. w., bei denen diese zwei Bedingungen im höchsten Maass zutreffen, pflegen sich daher ohne weiteres in einem bestimmten Schema zu fixiren, während solche Allgemeinvorstellungen, die, wie Mensch, Baum, Stuhl u. dergl., sehr variable Objecte umfassen, sich leichter in eine grosse Reihe einzelner Phantasiebilder auflösen oder, wenn dies nicht geschieht, nur als ein sehr unbestimmtes Schema der Einbildung vorschweben. Wo der mögliche Umfang der Einzelvorstellungen zu gross wird, da findet eben hierin der Zerfliessungsprocess wieder ein Hinderniss. Jetzt nimmt daher abermals eine fixe, aber zugleich sehr unbestimmte Einzelvorstellung die Stelle der Allgemeinvorstellung ein. So ist z. B. die Vorstellung Grün wegen ihres engen Umfangs wenig zerfliesslich, die Vorstellung Farbe dagegen kommt der Grenze nahe, wo die grosse Verschiedenheit der darunter fallenden Einzelvorstellungen ein Zerfliessen unmöglich macht. Hier treten

---

[1] Vergl. S. 654.

dann leicht schon an die Stelle einer wirklich unterzuordnenden Einzelvorstellung der Sprachlaut und das Schriftzeichen als Stellvertreter, was bei der Transformation der eigentlichen Begriffe in die Vorstellung regelmässig stattfindet.

Allgemeinvorstellung und Begriff dürfen nicht mit einander verwechselt werden. Als bestimmtes psychisches Gebilde, ähnlich der Empfindung oder Vorstellung, existirt der Begriff überhaupt nicht. In unserm Bewusstsein haben wir jeweils nur die Substitute des Begriffs, den Sprachlaut oder das Schriftzeichen, die ihn andeuten, begleitet von einem Gefühl, welches meistens sehr allgemeiner und unbestimmter Natur ist. Der Process der Begriffsbildung kann daher auch psychologisch nur insofern untersucht werden, als sich die Frage stellen lässt, wie denn jene von Gefühl begleiteten Zeichen entstehen. Indem die Allgemeinvorstellung fortwährend in Einzelbilder zerfliesst, werden wir uns um so deutlicher der ungenügenden Erfassung aller unter das allgemeine Schema fallenden Gegenstände bewusst, je umfassender dasselbe ist. Zugleich bemerken wir, dass, so unbestimmte Umrisse auch die Vorstellung vor ihrem Zerfliessen besitzen mag, alle darin enthaltenen Bestandtheile einzeln sich ändern können, ohne dass die Allgemeinvorstellung zu existiren aufhört. So entsteht das Postulat einer Allgemeinvorstellung, die erstens nur diejenigen Bestandtheile schematisch enthält, welche allen ihr unterzuordnenden Einzelvorstellungen gemeinsam sind, und die zweitens in alle diese Einzelvorstellungen durch einen vollständigen Zerfliessungsprocess übergehen kann. Ein solches Postulat nennen wir nun einen Begriff. Dass derselbe ein bestimmtes psychisches Gebilde wie etwa die Vorstellung nicht ist, geht aus dieser Entstehungsweise ohne weiteres hervor. In der Natur der Allgemeinvorstellungen liegt nur die Nöthigung solche Forderungen zu erheben. Sobald aber der Begriff zu einem einzelnen Act des Bewusstseins wird, so muss unvermeidlich demselben entweder die Allgemeinvorstellung, d. h. jenes unvollkommene und überdem mit unwesentlichen Merkmalen ausgestattete Schema, das sich zunächst nach den Reproductionsgesetzen aus den Einzelvorstellungen hervorgebildet hat, oder sogar irgend eine Einzelvorstellung subtituirt werden. Nun sind aber regelmässig unsere Vorstellungen Complexe, in welche auch Sprachlaut und Schriftzeichen eingehen. Je unbestimmter die übrigen Bestandtheile der Vorstellung sind, um so mehr drängen sich daher diese letzteren in den Vordergrund. So entsteht eine Vertretung der Begriffe durch ihre Zeichen, welche ihrerseits die Loslösung des Begriffs von der Einzelvorstellung begünstigt.

Fast alle Vorstellungen sind in einem gewissen Grade schematisch. Sobald wir denselben Gegenstand in verschiedenen Raum- und Zeitverhältnissen auffassen, entsteht ein Totalbild desselben, welches sich mit

keiner einzigen der Vorstellungen, aus denen es hervorgegangen ist, vollständig deckt. Hierin liegt die allgemeine Disposition unserer Vorstellungen zur Bildung von Begriffen begründet. Das nicht sprechende Thier und der Mensch, so lange er der Sprache unfähig ist, erheben sich ohne Zweifel nie über jene Allgemeinvorstellungen, welche eine grössere Zahl einzelner Objecte unter sich fassen, wobei aber fortwährend die einzelnen Classen unterschiedener Objecte sich gegen einander verschieben. Wir beobachten etwas von diesem Ineinanderfliessen der Vorstellungsschemata noch deutlich beim Kinde, welches ein und dasselbe Bild je nach den gerade zur Reproduction bereit liegenden Elementen successiv für die verschiedensten Dinge hält. Hier hilft dann erst allmälig die Sprache die einzelnen Allgemeinvorstellungen sicherer von einander abgrenzen. So lange die Auffassung noch eine vorwiegend sinnliche ist, wird sich daher der Begriff wohl nur als ein unbestimmtes Gefühl geltend machen, dass die jeweils im Bewusstsein vorhandene schematische Vorstellung nicht vollständig jenen Einzelvorstellungen genüge. Das entwickeltere Bewusstsein aber beschränkt sich nicht mehr darauf, die Objecte seiner Erfahrung nach den in der Empfindung gegebenen Merkmalen zu sondern. Vielmehr beginnen nun die mannigfachen Beziehungen und Wechselwirkungen, in welchen die Objecte stehen, ebenfalls eine Wirkung auszuüben. Diese Beziehungen der Objecte treten, wie vorhin die Objecte selber, in bestimmte Classen aus einander. Doch zwischen beiden Vorgängen stellt sich ein wesentlicher Unterschied heraus. Von den Classen der Objecte können wir uns allgemeine Schemata in der Vorstellung bilden: dies sind eben die Allgemeinvorstellungen. Von den verschiedenen Formen der Beziehung können wir uns aber in der Vorstellung gar kein wirkliches Bild machen. Hier tritt daher von vornherein der Begriff in der ihm wesentlichen Gestalt auf, nämlich als Forderung ein gewisses Gebiet von Beziehungen der in der äussern Anschauung gegebenen oder auch der rein mentalen Objecte zu umfassen. Solche Begriffe, die keine Allgemeinvorstellung zur Grundlage haben, bezeichnet man nun als abstracte Begriffe. Für sie ist der sprachliche Ausdruck ein unentbehrliches Erforderniss. Denn kein psychisches Gebilde kann in uns existiren und wirken, ohne sich in einer bestimmten Vorstellung zu verkörpern. So treten denn für die abstracten Begriffe regelmässig ihre sprachlichen Bezeichnungen ein. Neben dem Laut- und Schriftbild haben sie nur ein allgemeines Gefühl zum Begleiter, welches hauptsächlich bei solchen Begriffen, die dem Gebiet ästhetischer, sittlicher, religiöser Vorstellungen angehören, eine merkliche Intensität erreicht. Diese Gebundenheit an den sprachlichen Ausdruck beweist, dass vor der Entwicklung der Sprache abstracte Begriffe nicht existiren können, dass also die Thiere und der Mensch in seiner frühesten Lebenszeit der-

selben nicht fähig sind. Umgekehrt lässt sich aber auch schliessen, dass die Symbole, die unsere Sprache heute für die abstracten Begriffe gebraucht, ursprünglich nicht solche sondern nur allgemeine Vorstellungen bedeutet haben, welche erst durch einen den Forderungen der Begriffsentwicklung nachkommenden Bedeutungswechsel, bei welchem die sinnliche Beziehung zwischen Wort und Gegenstand sich verwischte, in eigentliche Begriffszeichen übergegangen sind. In der That bestätigt sich dieser Entwicklungsgang sowohl an den einzelnen Ausdrücken für abstracte Begriffe, so weit deren Bedeutung zurückverfolgt werden kann, als an dem Entwicklungsprocess der Sprache im Ganzen. Die natürliche Geberdensprache vermag nur allgemeine Vorstellungen auszudrücken; alle abstracten Redetheile fallen in ihr hinweg oder müssen in's Concrete übersetzt werden[1]. Aehnlicher Art müssen wir uns offenbar die ursprüngliche Lautsprache denken. Aber in ihr ist dann allmälig dem Concreten eine abstracte Bedeutung beigelegt worden. In jenen agglutinativen Sprachen, welche, wie die amerikanischen und tatarischen Idiome, in der Regel mit den allgemeineren eine grosse Zahl specieller Vorstellungen verbinden, indem sie complexe Wortganze bilden, scheint zugleich der Process des Zerfliessens der Allgemeinvorstellungen noch unmittelbar in dem Aufbau der Sprache angedeutet. Auch die Flexion unserer höher entwickelten Sprachen erinnert noch an diesen Vorgang. Doch hat sich hier anderseits der Uebergang zur reinen Begriffssprache am deutlichsten ausgeprägt, indem die Flexionssilben ihre Bedeutung als selbständige Allgemeinvorstellungen gänzlich verloren und als rein begriffliche Beziehungen fixirt wurden[2].

Genetisch unterscheidet sich nach dem Vorangegangenen der abstracte von dem empirischen Begriff wesentlich dadurch, dass dieser unmittelbar aus einer grösseren Zahl gleichartiger, jener erst aus den übereinstimmenden Wechselbeziehungen verschiedenartiger Vorstellungen hervorgeht. Die Entstehung der wichtigsten abstracten Begriffe dürfte hiernach wohl in folgender Weise anzunehmen sein. Indem der Zwang der äusseren Anschauung im Gegensatz zu den freier verlaufenden Erinnerungsbildern empfunden wird, setzt sich das wirkliche dem gedachten Object gegenüber: das Ding wird unterschieden von der Vorstellung, das Sein vom Denken. Wird dann aber auch das Gedachte als ein Seiendes erfasst, so schreitet der Begriff des Seins zu seinem abstracten Gegensatz, dem Nichtsein oder der Negation überhaupt fort. Indem ferner sowohl die Anschauungs- wie die Erinnerungsbilder bald erscheinen bald verschwinden, entstehen die weiteren Wechselbegriffe des Werdens und Vergehens, des Beharrens und der Veränderung. Sobald die

---

[1] Steinthal, in Prutz' deutschem Museum. Jahrg. 1851 S. 904 f. Tylor, Forschungen über die Urgeschichte der Menschheit. S. 17 f.

[2] Vergl. hierzu meine Vorlesungen über die Menschen- und Thierseele II, S. 375.

zwei letzteren auf verschiedene Eigenschaften eines und desselben Objects bezogen werden, wandeln sie in den Gegensatz des Substantiellen und des Accidentellen sich um. Treten endlich die Vorstellungsobjecte in solche Beziehung, dass das eine das andere herbeizuführen scheint, so bilden sich die Begriffe von Mittel und Zweck, von Ursache und Wirkung. Wo die Verkettung der Vorstellungen nicht von aussen gegeben ist, sondern sich in uns selber vollzieht, da ist sie stets ein Ausfluss unserer willkürlichen Bewegung. Denn verschiedene Vorstellungen stehen nur dann in einer innerlich durchschaubaren Wechselwirkung, wenn wir durch unser eigenes Handeln absichtlich die eine in die andere überführen: dies ist aber das Verhältniss von Mittel und Zweck. Beide Begriffe können wir daher auch nur insofern auf das äussere Geschehen übertragen, als wir in den Objecten entweder wirklich oder symbolisch ein ähnliches absichtliches Handeln voraussetzen, wie wir es in uns selbst finden. In der That beobachten wir diese Stufe bei dem Kind und bei dem Naturmenschen, welchen leicht jeder Gegenstand als ein belebtes und persönliches Wesen erscheint[1]. Bei den Begriffen der äusseren Causalität, Ursache und Wirkung, haben wir auf diese Nebenvorstellung einer in den Dingen liegenden Absicht verzichtet; sie verrathen hierin schon ihre spätere Entwicklung. Mit Zweck und Ursache stehen Nothwendigkeit und Zufall in naher Beziehung. Beide unterscheiden wir zunächst nur in Bezug auf unsere inneren Vorstellungen. Solche Vorstellungen, die deutlich durch unsern Willen herbeigeführt worden sind, müssen als nothwendig aufgefasst werden gegenüber jenen, die durch das unwillkürliche Spiel des psychischen Mechanismus im Bewusstsein aufzutauchen scheinen. So kommt es, dass mit dem Begriff des Zwecks sich derjenige der Nothwendigkeit innig verbindet. Auf die Ursache und Wirkung übertragen findet nun dieser Begriff in der regelmässigen Verbindung gewisser Vorgänge in der Natur eine selbständige Stütze, die ihn noch fortbestehen lässt, nachdem sich die äussere Causalität vollständig von der inneren geschieden hat.

Die umfassendsten der oben angeführten theoretischen Begriffe pflegt man als Kategorieen zu bezeichnen, weil sie die allgemeinsten Aussagen sind, die von den Gegenständen unseres Denkens gemacht werden können. Indem diese sämmtlich den Bestimmungen des Seins und Nichtseins, der Substanz und des Accidens, der Ursache und Wirkung u. s. w. sich unterordnen, wird der Versuch nahe gelegt, sie in eine systematische Ordnung zu bringen, welche den ganzen Umfang unseres begrifflichen Denkens umfasse. Die Ausführung dieser Ordnung ist ein logisches Geschäft, wie es denn auch KANT aufgefasst hat, dessen Tafel der Kategorieen jedoch ihre Form zum Theil dem Streben nach einer rein äusserlichen Symmetrie verdankt, die mit der inneren Nothwendigkeit der Begriffe nichts zu thun hat[2]. Psychologisch hat eine solche Ordnung überhaupt keine Bedeutung, da es keine bestimmte Reihenfolge gibt, in welcher die allgemeinsten Begriffe in uns entstehen. Nur ein Zusammenhang muss in dieser Beziehung festgehalten werden: jeder abstracte Begriff hat seinen Correlatbegriff, mit dem er auch psychologisch gleichzeitig entstehen muss. Der Begriff der Realität lässt sich nicht ohne den der Negation, der Begriff der

---

1) Völkerpsychologische Belege hierfür vergl. in meinen Vorlesungen über die Menschen- und Thierseele II. Vorl. 44 u. f.

2) Kritik der reinen Vernunft, Werke Bd. 2 S. 79.

Ursache nicht ohne den der Wirkung denken u. s. w. [1]). Der Schwierigkeit, dass die abstracten Begriffe psychische Gebilde im eigentlichen Sinne des Worts nicht sind, sondern an sich nicht vorstellbare Postulate, denen zum empirischen Denkgebrauch ein Vorstellungssymbol substituirt wird, sucht der Idealismus dadurch zu begegnen, dass er dieselben als a priori in unserm Bewusstsein bereit liegende Formen ansieht, unter welche sich alle Erfahrungen von selbst fügen. Dabei kann man entweder mit Kant [2]) die Kategorieen als rein *subjective* Formen unseres Erkennens ansehen, welche über die Beschaffenheit der Dinge an sich nichts aussagen, oder mit Hegel [3]) als die *objectiven* Bestimmungsgründe des Seins. Den entscheidenden Beweis für eine der Erfahrung vorausgehende Existenz des Begriffs pflegt man darin zu sehen, dass derselbe den Charakter der *Nothwendigkeit* an sich trägt, was bei der bloss empirschen Synthese der Erscheinungen niemals der Fall sein könnte. Schon Kant hat für die Führung dieses Beweises hauptsächlich den Causalbegriff als Beispiel gewählt. Schopenhauer [4]), der eine in der neueren Naturwissenschaft verbreitete Richtung vertritt [5]), die in dieser Beziehung wieder auf einen Leibnitz-Wolff'schen Grundsatz zurückgreift, hat dann den Causalbegriff als den einzigen Stammbegriff betrachtet, aus dem alle andern hervorgehen sollen. In der That lässt sich nicht verkennen, dass dem Causalbegriffe ganz besonders jene Nothwendigkeit innewohnt, die man als das wesentliche Merkmal von Begriffen oder Grundsätzen a priori ansieht. Auch lassen sich alle Kategorieen in einem gewissen Sinn dem Causalbegriff unterordnen, weil sie sich eben auf die Verbindung unserer Vorstellungen beziehen, welche Verbindung den Charakter der Gesetzmässigkeit an sich trägt. Damit ist freilich noch nicht bewiesen, dass die Causalität wirklich die herrschende Kategorie sei. Denn andere Kategorieen können wieder von einer andern Seite her die übrigen Begriffe umfassen, so z. B. die Realität, die Substanz. Kant selbst führt die Nothwendigkeit, obgleich sie schon in andern Stammbegriffen verborgen liegt, doch auch als eine besondere Kategorie auf. Da dieser Begriff der Angelpunkt aller Beweise des Idealismus ist, so wird es sich fragen, ob nicht für ihn selbst ein psychologischer Ursprung sich nachweisen lässt. Sollte dies der Fall sein, so würde damit auch die Annahme von Begriffen a priori, wenigstens im gewöhnlich angenommenen Sinne, überflüssig werden. Denn für alle andern Kategorieen werden nun in den von Niemandem geleugneten psychologischen Motiven, die ihrer jed[illegible] maligen Anwendung vorausgehen, nicht bloss Gelegenheitsursachen dieser [illegible] wendung, wie Kant behauptete, sondern wirkliche Bestimmungsgründe der E[illegible] stehung gesucht werden können, sofern sich nur zeigen lässt, dass zugle[illegible] für die Verbindung mit dem psychologisch entstandenen Begriff der Nothw[illegible] digkeit Motive vorliegen. Solche Motive sind in der That durch die genetis[illegible]

---

[1]) Bei Kant macht sich der verunstaltende Einfluss der äusseren Symmetrie auf Anordnung der Kategorieentafel auch darin geltend, dass jene Correlatbegriffe zum T[illegible] *unter*, zum Theil *neben* einander gestellt werden, ersteres bei der Quantität [illegible] Qualität, letzteres bei der Relation und Modalität. Realität und Negation, Einheit [illegible] Vielheit sind aber ebenso gut Correlatbegriffe wie Ursache und Wirkung.

[2]) a. a. O. S. 102 f.

[3]) Wissenschaft der Logik. 2. Thl. Werke Bd. 5 S. 20.

[4]) Die vierfache Wurzel des Satzes vom zureichenden Grunde. 3te Aufl. S. 4[illegible]

[5]) Vergl. Helmholtz, physiologische Optik S. 453. Zoellner, über die Natur [illegible] Cometen S. 344 f. Siehe auch die anonyme Schrift: Ursache und Wirkung. Ein [illegible] such. Cassel u. Göttingen 1867. S. 4.

Beziehung gegeben, in welcher dieser Begriff zu dem Zweckbegriff steht. KANT hatte sich die Einsicht in den Zusammenhang beider durch seinen logischen Schematismus verschlossen, in welchem die mechanische Causalität zu den reinen Verstandesbegriffen gestellt war, während der Zweck an einer ganz andern Stelle des Systems als ein Princip der praktischen Vernunft auftauchte[1]. Ueber die Schwierigkeit der thatsächlichen Existenz einer teleologischen Erklärung der Natur half er sich mit der Behauptung hinweg, dass dieselbe immer nur reflectirender und subjectiver, nicht aber, wie das Princip der Ursache, objectiver und bestimmender Art sei; ein möglicher Zusammenhang beider Principien wurde dann im Uebersinnlichen statuirt. Es bedarf kaum des Hinweises, wie wenig dieser Schematismus auf die natürliche Entwicklung der Begriffe Rücksicht nimmt. Man braucht nicht einmal auf die Naturauffassung des Kindes und des Naturmenschen, sondern nur auf eine frühere Stufe der Wissenschaft zurückzugehen, um sich zu überzeugen, dass der Begriff der mechanischen sich allmälig erst von dem der teleologischen Causalität losgelöst hat. Als nächste und klarste Ursache äusserer Bewegung finden wir unsere eigenen nach Zwecken bestimmten Handlungen vor. Bei diesen müssen wir die Wirkung als eine nothwendige Folge der Ursache auffassen, weil die erstere in der letzteren vorausgesehen ist. Denn dies liegt überall im Begriff der Nothwendigkeit, dass ein bestimmter Erfolg vorausgesagt werden kann. Solches geschieht aber bei jeder Handlung nach Zwecken, indem der Zweck die Handlung selbst in der Vorstellung anticipirt. Schreiten wir nun zum Begriff der äusseren Causalität fort, so lassen wir die Annahme einer in der Ursache liegenden Vorstellung oder Wirkung fallen, ohne jedoch auf den ursprünglich der inneren Causalität entstammenden Begriff der Nothwendigkeit zu verzichten, der aus der blossen Regelmässigkeit der Erscheinungen zwar schwerlich, wie HUME glaubte, entstehen könnte, aber immerhin, nachdem er entstanden ist, in derselben eine wesentliche Stütze findet. Zu der auf unser eigenes Handeln bezogenen Nothwendigkeit ist die Freiheit die Ergänzung. Den Begriff der subjectiven Nothwendigkeit bilden wir, indem wir die einzelne Handlung ausschliesslich mit Bezug auf den Zweck betrachten, den sie herbeiführte; bei der Freiheit bringen wir dieselbe Handlung zugleich mit andern Zwecken zusammen, die sich als möglich vorstellen lassen.

Mit dem Zweck, der Nothwendigkeit und Freiheit sind wir in ein Gebiet von Begriffen getreten, die man auch als praktische Begriffe zu bezeichnen pflegt, weil sie die Handlung zu ihrem Ausgangs- und Mittelpunkte haben. Sie beziehen sich entweder unmittelbar auf die in dem menschlichen Handeln zu Tage tretenden Zwecke oder auf die Natur und ihre künstlerische Nachbildung, die nach in ihr vorausgesetzten Zwecken beurtheilt wird. So entstehen die sittlichen und ästhetischen Begriffe. Der ästhetische verhält sich zu dem sittlichen Begriff analog wie die äussere Causalität zu dem Zweck; doch hat im Gebiet des Aesthetischen die Causalität den teleologischen Charakter bewahrt. Auch diese Begriffe bewegen sich in Gegensätzen, wie Böse und Gut, Schön und Hässlich, Erhaben und Niedrig u. s. w. Einer eigenthümlichen Verbindung theoretischer und praktischer Begriffe entstammen endlich die religiösen Ideen. Causalität und Zweck, ursprünglich von einem Punkt aus-

---

[1]) Kritik der Urtheilskraft, Werke Bd. 4. S. 36 f., 258 f.

gegangen, führen in ihrer letzten Entwicklung zu Postulaten, die nach entgegengesetzten Richtungen hinweisen; indem diese Postulate sich zu Begriffen verdichten, entsteht die Idee einer ersten Ursache und die eines letzten Zwecks oder Endzwecks. Analoge Forderungen bilden sich bei der Realität, der Substanz. Wie die erste Ursache nicht mehr Wirkung einer anderen Ursache, der letzte Zweck nicht mehr Mittel zu einem weiteren Zweck sein soll, so erheben sich die Forderungen einer absoluten Realität und einer absoluten Substanz, bei denen ebenfalls die Correlatbegriffe der Negation und des Accidentellen ausgeschlossen gedacht werden. Zu diesen treten die entsprechend gebildeten absoluten Begriffe der praktischen Sphäre, des absolut Guten, Schönen, Erhabenen. Jeder der Begriffe des Absoluten schliesst nun zugleich die Forderung in sich, dass die andern ihm zugehören. Absolute Realität kann nur die absolute Substanz haben, welche zugleich erste Ursache und letzter Zweck sowie Träger aller ethischen und ästhetischen absoluten Begriffe ist, weil nur ihnen die Eigenschaft zukommt in ihrem Wesen unverändert zu beharren. So kommt es, dass schliesslich alle absoluten Begriffe als Bestandtheile einer absoluten Substanz sich darstellen. Uebrigens hat sich die Idee des Absoluten auf praktischem Gebiet ursprünglich weniger rein ausgebildet, wahrscheinlich weil sich eine Verbindung der verschiedenen ethischen und ästhetischen Begriffe schwieriger vollzog. So erklärt es sich, dass gerade in praktischer Beziehung alle Religionen das Bedürfniss empfunden haben, den Begriff des Absoluten nach verschiedenen Richtungen zu spalten. Der Polytheismus mit seinen in mannigfacher Weise sittlich angelegten Gottheiten ist die Versinnlichung dieser Begriffsscheidung, die häufig auch dazu führt, die Gegensatzbegriffe des Schlechten, Hässlichen in's Absolute zu erheben, indem sie die verneinenden Götter, einen Ahriman oder Teufel, schafft. Ihr Correctiv haben diese negativen Ideale immer erst in dem rein theoretisch gebildeten Begriff der absoluten Substanz.

Die Eigenschaft zu Idealbildern umgestaltet, d. h. in einzelnen Vorstellungen versinnlicht zu werden, kommt hauptsächlich den praktischen Begriffen zu. Auch die religiösen Idealbilder, die einzelnen Göttervorstellungen, sind daher immer der praktischen Sphäre entnommen. Wir haben gesehen, dass der abstracte Begriff als concretes psychisches Gebilde überhaupt nur existiren kann, wenn ihm ein vorstellbares Zeichen substituirt wird, eine Rolle, die im allgemeinen den Sprachlauten zufällt. Aber es gibt noch eine zweite Form der Versinnlichung: diese besteht darin, dass der Begriff an concreten Vorstellungen, die unter ihn fallen, exemplificirt wird, ein Vorgang, der bei den empirischen Begriffen regelmässig stattfindet. Bei den abstracten Begriffen der theoretischen Sphäre tritt derselbe ganz in den Hintergrund. Es kommt zwar vor, dass wir z. B. mit dem Begriff Ding unwillkürlich die undeutliche Vorstellung eines Körpers, mit dem des Accidens die einer oberflächlichen Eigenschaft wie der Farbe verbinden u. s. w. Aber solche exemplificirende Vorstellungen sind, wo sie existiren, ausserordentlich blass. Anders bei den praktischen Begriffen. Zum Begriff des Guten denken wir uns sehr leicht irgend eine gute Handlung, den des Schönen verkörpern wir uns etwa in einer schönen Gestalt, den des Erhabenen in einem gewaltigen gothischen Dome. Eine solche exemplificirende Vorstellung praktischer Begriffe nennen wir im psychologischen Sinne ein Idealbild. Es hat mit der künstlerischen Idealform gemein, dass auch letztere eine Exemplification des Begriffs ist, und zwar darf man wohl

annehmen, dass sich dieselbe jedesmal aus psychologischen Idealbildern entwickele. Alle praktischen Begriffe existiren nun ursprünglich ohne Zweifel nur in der Form von Idealbildern. Während sich nämlich auf theoretischem Gebiete die Begriffe als Postulate des Denkens entwickeln, die an sich selbst in der Vorstellung nicht verwirklicht werden können, treten sie innerhalb der praktischen Sphäre nothwendig als Postulate des Handelns auf, sei es des eigenen bewussten, sei es des unbewusst in der Natur vorausgesetzten. Solche Postulate finden zwar auch nicht eine einzige und allgemeingültige Verwirklichung in der Vorstellung, aber sie lassen doch immerhin nicht nur eine klare Exemplification zu, sondern drängen geradezu auf eine solche hin. So hat sich denn der praktische Begriff einer sinnlicheren Stufe der menschlichen Entwicklung unmittelbar in der Form des Idealbildes eingeprägt. Ehe der Mensch das Gute und Schöne auch nur zu benennen wusste, hatte er sich in seinen Göttern Idealbilder dieser Begriffe geschaffen, aus denen sich langsam die Begriffe selber entwickelten. Auch dann existirten aber die praktischen sowohl wie die theoretischen Begriffe zunächst nur als höchst unbestimmte Forderungen im menschlichen Bewusstsein, ein Stadium, aus welchem sie erst die wissenschaftliche Reflexion, unterstützt durch die fixirende Gewalt der sprachlichen Begriffssymbole, emporhob.

Die praktischen Begriffe sind stets mit deutlichen Gefühlen verbunden. Diese, ursprünglich dem Idealbilde anhaftend, erhalten sich, während das letztere fast ganz dem Begriffszeichen Platz macht, mehr in ihrer Stärke. So kommt es, dass schon die Worte Gut, Schön, Erhaben u. s. w. in uns die entsprechenden Gefühle anregen. Es sind aber alle die sittlichen, ästhetischen, religiösen Begriffe von im wesentlichen übereinstimmenden Gefühlen begleitet, die wir ebendesshalb als ästhetische Gefühle zusammenfassen. Die Griechen haben in ihrem καλὸς κἀγαθός diese Erstreckung des ästhetischen Gefühls über das Sittliche und Religiöse instinctiv empfunden. Bei den theoretischen Begriffen bleibt, ähnlich wie bei den entsprechenden objectiven Vorstellungen, der Gefühlston so sehr im Hintergrund, dass wir ihn nicht beachten. Ob derselbe wirklich ganz fehlt, möchte aber doch zu bezweifeln sein. Bei der Gegenüberstellung der Realität und der Negation, der Substanz und des Accidens u. s. w. kommt, wie ich glaube, jedesmal dem ersten dieser Correlatbegriffe in uns ein Gefühl entgegen, welches mit der Empfindung intellectueller Befriedigung eine gewisse Verwandtschaft hat, wogegen der zweite negirende oder begrenzende Begriff das gegensätzliche Gefühl wachruft. Schon darin treffen übrigens die Begriffe mit den Gefühlen zusammen, dass sie sich in Gegensätzen bewegen, eine Eigenschaft, die sonst keinem einzigen psychischen Producte zukommt.

Nachdem die abstracten Begriffe entstanden sind, treten sie nicht nur unter einander, wie oben schon angedeutet wurde, sondern auch mit den empirischen Begriffen in mannigfache Wechselwirkung. Die letzteren, anfangs noch wenig verschieden von unbestimmten Allgemeinvorstellungen, erhalten dadurch erst den Charakter eigentlicher Begriffe im wissenschaftlichen Sinne. Wir fragen uns z. B., was an einem Naturkörper, der Gegenstand empirischen Begriffs geworden ist, das Substantielle, was bloss accidentell, was Ursache, was Wirkung sei u. s. w. Die nähere Schilderung dieser Verwebung der Begriffe und ihrer Resultate gehört in das Gebiet der Erkenntnisstheorie und Wissenschaftslehre; ebenso bleibt die Analyse und die Kritik der praktischen Begriffe der Aesthetik, Ethik und

Religionsphilosophie überlassen. Hier hatten wir nur auf die psychologischen Fundamente derselben hinzuweisen.

Die Anschauungsformen haben sowohl mit den Allgemeinvorstellungen wie mit den Begriffen gewisse psychologische Momente gemein. Sie gehen aus Einzelvorstellungen hervor, indem die Zeit dem Totaleindruck der inneren, der Raum dem der äusseren Ordnung der Vorstellungen entspricht. Beide Ordnungen können aber an sich selbst nicht vorgestellt werden, sondern sie sind Postulate, gleich den Begriffen. Doch sind sie von den letzteren wieder dadurch verschieden, dass sie nie durch ein blosses Begriffszeichen dargestellt werden können, sondern sich in unserm Bewusstsein stets in einen besonderen Zeitverlauf oder in einen besonderen Raum umsetzen, die nun als sinnliche Substitute der Zeit und des Raumes überhaupt gedacht werden. Durch diese Gebundenheit an die Einzelvorstellungen erklärt es sich, dass das natürliche Bewusstsein und mit ihm übereinstimmend die ältere Philosophie die Zeit und den Raum für ausser uns liegende Wesen halten, von denen alle Dinge umfasst werden. Die Bemerkung, dass auch unsere rein innerlichen Vorstellungen den nämlichen Formen sich fügen, gab dann zur Unterscheidung einer subjectiven und objectiven Zeit- und Raumform Anlass. LEIBNITZ brachte beide durch seine prästabilirte Harmonie in Verbindung. Zeit und Raum sind nach ihm Ordnungen der wirklichen Dinge, denen sich zugleich unsere Vorstellungen anpassen [1]. Durch KANT erst wurde nachgewiesen, dass die Anschauungsformen an und für sich subjectiver Natur sind. Damit war die Aufgabe gestellt, sie psychologisch zu erklären, sobald man über die von KANT selbst noch festgehaltene Ansicht hinausging, Raum und Zeit seien in uns bereit liegende Formen, denen sich die sinnlichen Empfindungen ohne weiteres einordnen [2].

Die Zeitanschauung entsteht durch die Aufeinanderfolge verschiedener Vorstellungen, von denen jede einzelne dem Bewusstsein disponibel bleibt, wenn eine neue in dasselbe eintritt. Das Wesen der Zeitvorstellung besteht aber nicht sowohl in der wirklichen Reproduction der Vorstellungen als in der Vorstellung, dass sie reproducirt werden können. Dies ist psychologisch nur dann möglich, wenn jede Vorstellung bei ihrem Verschwinden aus dem Bewusstsein eine Nachwirkung zurücklässt, welche neben den neu hinzutretenden Vorstellungen andauert. Eine solche unmittelbare Nachwirkung braucht sich durchaus nicht auf alle

---

[1]) Ueber den Zeit- und Raumbegriff in der vorkantischen Philosophie vergl. J. J. BAUMANN, die Lehren von Raum, Zeit und Mathematik in der neueren Philosphie. 2 Bde. Berlin 1868 und 69.

[2]) KANT, Kritik der reinen Vernunft, transscendentale Aesthetik. Werke Bd. 2 S. 31. Prolegomena einer jeden künftigen Metaphysik. Werke Bd. 3, S. 35.

überhaupt reproducirbaren Vorstellungen zu erstrecken. Vielmehr haben wir bei der zeitlichen Auffassung der Gehörseindrücke Thatsachen kennen gelernt, welche auf einen ziemlich engen Umfang der unmittelbaren Zeitvorstellung hinweisen[1]). Dieser wird nämlich offenbar durch jene Grenzen angegeben, welche das einfachste rhythmische Gebilde, der Takt, einhalten muss, um noch in ein Ganzes vereinigt zu werden. Bei der Auffassung der zusammengesetzteren rhythmischen Formen findet sich schon eine Reproduction solcher Vorstellungen, deren unmittelbare Nachwirkungen bereits aus dem Bewusstsein verschwunden sind, und denen nur die allgemeine Eigenschaft geblieben ist, dass sie leicht reproducirt werden können. Hiernach ist also unsere Zeitvorstellung weit entfernt von jener unendlichen Ausdehnung, die wir der Zeit dem Begriffe nach beilegen. Diese ist wie jeder Begriff ein Postulat, welches von der Vorstellung niemals erreicht wird. Es liegt natürlich am nächsten, sich die für die Zeitanschauung geforderten Nachwirkungen der Vorstellungen als abgeblasste Bilder oder Reste derselben zu denken. Aber eine Reihe gleichzeitiger starker und schwacher Vorstellungen ist noch keine Zeitreihe. Auch die Annahme, dass sich die Vorstellungen in der ursprünglich gegebenen Zeitfolge reproduciren müssen, wie sie z. B. Herbart aus seiner Theorie der successiven Verschmelzung der Vorstellungsreste ableitet, hilft nicht weiter, da sie eben wieder nur zu einer Succession von Vorstellungen führt, welche, wie Herbart selbst bemerkt, noch keine Vorstellung der Succession ist[2]).

Eine unerlässliche äussere Bedingung ihrer Entstehung findet die Zeitvorstellung ursprünglich jedenfalls in der Aufeinanderfolge der Sinneseindrücke. Nehmen wir an, um mit dem einfachsten Fall zu beginnen, gleiche Schalleindrücke, z. B. Pendelschläge, folgten in regelmässigen Pausen auf einander, und das Bewusstsein sei zugleich frei von allen andern Vorstellungen. Ist der erste Pendelschlag vorübergegangen, so wird ein Phan-

---

1) Cap XIII, S. 517.

2) Herbart sieht daher in den von ihm § 86 und 112 seiner Psychologie als Wissenschaft (Werke Bd. 5, S. 433 und Bd. 6, S. 123) entwickelten Gesetzen der Reihenbildung nur psychologische Motive zur Bildung der Zeitvorstellung, nicht diese selbst. Damit wirklich die Anschauung der Zeitstrecke zu Stande komme, müsse der Anfangs- und Endpunkt derselben mit gleicher Klarheit im Bewusstsein gegeben sein. Werde also am Ende einer Reihe wohl verschmolzener successiver Wahrnehmungen die erste und letzte wiederholt, so reproducire jede von beiden das Zwischenliegende, aber jede in abweichender Art. Der Endpunkt stelle die ganze Reihe auf einmal vor Augen, doch mit rückwärts abnehmender Stärke, der Anfangspunkt wirke zwar ebenfalls auf alle Glieder gleichzeitig, doch lasse er die früheren eiliger als die späteren hervorkommen. In solchem Zustand soll dann die ganze Reihe schwebend erhalten werden (Bd. 6, S. 142, 143). Es fehlt aber hier der Beweis erstens, dass das so Beschriebene wirklich die Zeitvorstellung sei, und zweitens dass bei jeder Zeitvorstellung Anfangs- und Endpunkt mit gleicher Klarheit im Bewusstsein gegeben sein müssen. Die psychologische Beobachtung macht die letztere Annahme mindestens bei der unbestimmten Zeitvorstellung (siehe unten) kaum zulässig. Auch enthält, wie wir sehen werden, die Zeitvorstellung überhaupt gar keine Succession.

tasiebild desselben bestehen bleiben, bis der zweite erfolgt. Dieser reproducirt unmittelbar den ersten nach dem allgemeinen Associationsgesetz, dass identische oder ähnliche Vorstellungen sich wachrufen; zugleich trifft er aber mit dem während der Pause bestandenen Erinnerungsbilde zusammen. Sowohl der neue Pendelschlag wie das Erinnerungsbild werden auf die vorangegangene Wahrnehmung bezogen. Der wiederholte Eindruck ruft dieselbe in ihrer ursprünglichen Stärke hervor, das Erinnerungsbild liefert nur den der Einbildungsvorstellung eigenthümlichen Nachklang der Empfindung. Es muss sich daher unmittelbar die actuelle Vorstellung von ihrer Nachwirkung trennen. Zugleich liefert diese einfache Wiederholung eines vorangegangenen Eindrucks alle Elemente der Zeitvorstellung: der erste Schall ist der Zeitanfang, der zweite das Zeitende und das dazwischenliegende Phantasiebild repräsentirt die Zeitstrecke. Im Moment des zweiten Eindrucks existirt die ganze Zeitvorstellung auf einmal, denn hier sind alle drei Elemente gleichzeitig gegeben, der zweite Eindruck und das Phantasiebild unmittelbar, der erste Eindruck durch die Reproduction. Aber gleichzeitig sind wir uns bewusst eines Zustandes, in welchem nur der erste Eindruck stattfand, und eines andern, in welchem nur das Phantasiebild desselben existirte. Dieses Bewusstsein macht eben die Zeitvorstellung aus. Im Zeitverlauf ist der Anfang, im Zeitende sind Verlauf und Anfang vorausgesetzt, aber der Zeitanfang setzt gar nichts voraus. Ebendesshalb hat die Zeit nur eine einzige Richtung. Wir können zwar in Gedanken eine Zeitreihe rückwärts verfolgen, aber wir werden uns dabei doch immer bewusst, dass die wirkliche Richtung der Zeit umgekehrt worden ist. Der Satz, dass die Succession der Vorstellungen noch nicht die Vorstellung der Succession sei, muss also dahin ergänzt werden, dass in der Zeitvorstellung selbst nicht einmal eine Succession der Vorstellungen vorkommt.

Die einfachsten Bedingungen, wie sie hier angenommen wurden, können sich nun verwickelter gestalten, indem erstens der Endpunkt durch einen andern Eindruck als der Anfangspunkt bezeichnet wird, und indem zweitens zwischen beiden Punkten keine Pause, sondern eine Reihe anderer Eindrücke liegt. Auch jetzt wird das Erinnerungsbild des ersten Eindrucks die Vorstellungen, welche die Zeitstrecke ausfüllen, begleiten. Im Moment, wo der Endeindruck geschieht, ist aber ein Doppeltes möglich: es kann derselbe entweder dem Anfangseindruck verwandt sein, so dass dieser wie oben reproducirt wird; dann entsteht abermals die Vorstellung der bestimmt abgegrenzten Zeitstrecke. Oder es kann kein Anlass zu solcher Reproduction gegeben sein; dann entsteht die Vorstellung des unbestimmten Zeitverlaufs. Eine weitere Verwickelung führen die zwischen Anfangs- und Endpunkt gelegenen Eindrücke mit sich. Jeder derselben

dauert nach seinem Entschwinden ebenfalls im Erinnerungsbilde fort. So wird jeder zwischenliegende Eindruck zum Anfangspunkt einer untergeordneten Zeitstrecke. Wenn nun der letzte den ersten Eindruck nach den Associationsgesetzen reproduciren muss, so treten alle diese eingeschalteten und einander superponirten Zeitstrecken hinter die Hauptstrecke zurück, welche durch ihren Anfangs- und Endpunkt fest bezeichnet ist. Geschieht solche Reproduction nicht, so sind alle Zeitstrecken einander gleichwerthig, aber alle sind zugleich unbestimmt. Der Zustand, in welchem sich dabei das Bewusstsein befindet, entspricht jedenfalls nur einem sehr dunkeln Zeitgefühl. Doch liegt wohl in diesem gerade ein Motiv zur Bildung des Zeitbegriffs, in welchem die Vorstellung der unbestimmt begrenzten zur Forderung einer unbegrenzten Zeitreihe erhoben wird. Anderseits würden jedoch solche unbestimmte Zeitvorstellungen an und für sich, wenn nicht neben ihnen noch bestimmte existirten, nicht zum Zeitbegriff führen, da dieser die klare Anschauung des Verlaufs der Zeit voraussetzt. Letztere ist aber in der unbestimmten Zeitvorstellung noch nicht enthalten. Das Hinzutreten des neuen Eindrucks zu den Erinnerungsbildern erweckt nur im allgemeinen die Vorstellung eines Vorangegangenen. Indem jedoch der neue Eindruck nicht einen bestimmten ihm vorangegangenen reproducirt, fehlt vollständig die Vorstellung der Zeitstrecke, welche als Element in den Verlauf der Zeit eingeht. Denn jeder bestimmte Zeitverlauf besteht aus Zeitstrecken, welche durch Anfangs- und Endpunkte markirt sein müssen. Hierauf beruht die grosse Bedeutung, welche der Rhythmus für die Ausbildung der Zeitvorstellung hat. Jeder Takttheil bildet eine einfache Zeitstrecke, die mit andern zu einer grösseren Zeitreihe zusammengesetzt wird. Der Verlauf derselben wird unmittelbar übersehen, weil durch die gleichförmige Reproduction des Vorangegangenen Anfang und Ende jeder einfachen Zeitstrecke sowie der ganzen Reihe deutlich sich einprägen. In diesem Fall wird daher auch unmittelbar die Anschauung zur Messung der Zeit. Die auf einander folgenden Takte werden als Zeitgrössen aufgefasst, welche durch die in ihnen enthaltenen Hebungen und Senkungen des Rhythmus weiter eingetheilt werden. So enthält vorzugsweise die rhythmische Zeitvorstellung die Bedingung zur Entstehung zweier wichtiger Begriffe, des Zahlbegriffs und des Grössenbegriffs.

Jeder Wechsel von Vorstellungen kann zum Zahlbegriff führen. Indem die Vorstellungen in der Zeitform aufgefasst werden, wandelt sich im Bewusstsein ihr Wechsel in die auf einmal übersehene Zeitreihe um, in der nun jede Vorstellung als ein discretes mentales Object erscheint. Indem die Vorstellungen zu Gruppen vereinigt auf einander folgen, entwickeln sich die Kategorieen der Einheit, Vielheit und Allheit. Die erste entspricht der einzelnen Vorstellung, die zweite den mehreren Vorstellungen in der Zeitreihe, die letzte fasst alle Vorstellungen einer Zeitstrecke zusammen. Da aber jede Zeit-

strecke auf eine vorangegangene und nachfolgende hinweist, so verbindet sich auch mit der Zahl der Begriff des *Unbegrenzten*. Der Fortschritt von einer Vorstellung zur andern ist das Vorbild der *Addition*, der Rückschritt in der Zeitreihe das Vorbild der *Subtraction*. Während diese einfachsten Gestaltungen des Zahlbegriffs bei jedem beliebigen Wechsel der Vorstellungen entstehen können, sind die complicirteren Formen des progressiven und regressiven Verfahrens psychologisch kaum ohne die rhythmische Gliederung der Zeitreihe denkbar. Jedes zusammengesetzte rhythmische Gebilde zerfällt in einfachere Bestandtheile. Die Erzeugung des Taktes aus seinen Elementen, der rhythmischen Reihe aus den Takten entspricht der *Multiplication*, die Zerlegung der *Division*. In dem Verhältniss der einfachsten Taktelemente zur rhythmischen Reihe und Periode liegt endlich das Vorbild zu Wiederholungen dieser Verfahrungsweisen, welche zu den Begriffen der *Potenz* und der *Wurzel* führen.

Ein oft gebrauchtes Bild vergleicht die Zeit mit einer ausdehnungslosen *Linie*. Durch dieses Bild hat man sich verführen lassen der Zeit eine wesentliche Eigenschaft des Raumes, die *Stetigkeit*, ebenfalls zuzuschreiben. Aber die Zeit an sich ist ein *discretes* Gebilde. Sie besteht aus einzelnen Vorstellungen, die sich an einander fügen; ein einziges unverändert andauerndes Vorstellen könnte niemals zur Zeitanschauung führen. Eben darum ist die *Zahl*, welche nach ihrer ursprünglichen Bedeutung nur auf discrete Objecte bezogen werden kann, ein zunächst aus der Zeitanschauung hervorgehender Begriff. Diese ursprüngliche Bedeutung der Zahl ist vollständig mit den sogenannten *rationalen* Zahlen erschöpft, welche die positiven und negativen, die ganzen und gebrochenen Zahlen und damit die oben angegebenen arithmetischen Grundoperationen in sich fassen. Indem wir aber den Begriff der Zeit bilden, abstrahiren wir in diesem von jedem besonderen Vorstellungsinhalte, und kommen dadurch zu der Annahme, dass die Zeit eine in jedem Augenblick gleichbeschaffene allgemeine Form sei, welche neben den Vorstellungen hergeht. So entsteht jenes Bild einer unbegrenzt vor- und rückwärts stetig verlaufenden geraden Linie. In der Zeitvorstellung hat dieses Bild gar keine Wirklichkeit. Die von Vorstellungen freien Zustände des Schlafes und der Ohnmacht sind für uns vollständig zeitlos. Die in abstracto stetig gedachte Zeit führt jedoch auf einen besonderen Zahlbegriff, der, ganz seiner Entstehung gemäss, erst von der abstracten Mathematik entwickelt worden ist, nämlich auf den der *irrationalen* Zahlen. Diese entstehen nothwendig dann, wenn die Objecte des Vorstellens nicht discret sind, sondern stetig in einander übergehen, ein Fall, der, wie wir unten zeigen werden, überall bei den *räumlichen* Grössen eintritt, daher auch die irrationalen Zahlen erst bei den Raumobjecten ihre Anwendung finden. Aber für die Entstehung des Zahlbegriffs und der Zeitvorstellung ist es sehr charakteristisch, dass für solche *stetige* Zahlen ein geschlossener Ausdruck nicht möglich ist, was eben in der ursprünglich discreten Natur der Zahl und der Zeit seinen Grund hat[1]).

---

[1]) Die stetigen Zahlen, die eben desshalb, weil sie keinen geschlossenen Ausdruck zulassen, irrationale genannt werden, lassen sich bekanntlich nur annähernd durch unendliche Reihen, Kettenbrüche oder nicht geschlossene Decimalbrüche in der Zahlform ausdrücken. Für einzelne irrationale Zahlen, die öfter gebraucht werden, hat man daher Buchstabensymbole gewählt, z. B.

$$\pi = 3{,}1416\ldots,\quad e = 1 + \tfrac{1}{1} + \tfrac{1}{2} + \tfrac{1}{2.3} + \ldots$$

Indem wir verschiedene Zeitstrecken, die in verschiedener Weise mit vorgestellten Objecten erfüllt sind, vergleichen, entsteht die Vorstellung der Grösse. Die Grössenvorstellung ist also im Gebiete der Zeit erst auf die Zahlvorstellung gegründet. Auch für die Entwicklung des Grössenbegriffs sind psychologisch die rhythmischen Zeitvorstellungen von wesentlicher Bedeutung. In dem Verhältniss der rhythmischen Reihe zum Takte, des Taktes zu seinen Bestandtheilen liegen unmittelbar Grössenbeziehungen. Diese gestalten sich aber in doppelter Weise. Es können zwei Zeitstrecken in Bezug auf die Zahl der Elemente verglichen werden, von denen sie ausgefüllt sind: so entsteht die Zahlgrösse. Oder es können zwei Zeitstrecken in Bezug auf ihre eigene Grösse verglichen werden: dies führt zur Zeitgrösse. Nun bedarf aber unsere natürliche Zeitmessung, wenn wir von der Anwendung räumlicher, der äussern Bewegung entnommener Maasse abstrahiren, zur Bestimmung dieser letzteren Grösse nothwendig wieder der Vorstellungen, von welchen die zu messenden Zeitstrecken ausgefüllt sind. Sogar wenn wir die ganz leere Zeit, die zwischen zwei Eindrücken liegt, mit andern Zeiträumen vergleichen wollen, müssen wir sie uns von Vorstellungen ausgefüllt denken. Angenommen z. B., wir wollen zwei Zeitstrecken *a b* und *a c* vergleichen, von denen *a c* grösser ist als *a b*, so denken wir uns *a c* durch eine Vorstellung *b* in zwei Strecken *a b* und *b c* getheilt. Dasselbe Verfahren wiederholt sich, wenn nun ferner auch *a b* und *b c* ihrer Grösse nach verglichen werden sollen. Im Fortgang dieser Eintheilung bleiben wir schliesslich bei dem schnellsten, unserem Bewusstsein nach möglichen Zeitwechsel stehen. Als Element der Zeitgrösse können wir also bei der psychologischen Zeitmessung nur die eben noch vorstellbare Succession zweier Vorstellungen benützen.

Die Zahl besteht, gleich der Zeit, aus der sie hervorgeht, zunächst aus einzelnen Zeitvorstellungen. Erst der Eindruck des Gleichartigen an den Vorstellungen führt zu dem Zahlbegriff, dem sich die Begriffe der arithmetischen Verfahrungsweisen, der Addition, Subtraction u. s. w., unterordnen. Alle diese Begriffe müssen in der Vorstellung in concrete Beispiele übersetzt werden. Um trotzdem die allgemeine Natur der Zahloperationen anzudeuten, hat daher die mathematische Analysis der Zahl das Buchstabenzeichen substituirt, welches den Zahlbegriff in einer einzelnen Vorstellung fixirt, ohne mit der letzteren eine bestimmte Zahlbedeutung zu verbinden.

Die Raumanschauung entwickelt sich, wie die Analyse der einzelnen räumlichen Vorstellungen dargethan hat[1], stets aus einer Mehrheit verschiedenartiger Eindrücke, von denen jeder einzelne unmittelbar als zugehörig einem stetig abgestuften System von Empfindungen aufgefasst wird. Hierin liegt schon die Anlage zu zwei charakteristischen Merkmalen des Raumes, zur Mehrheit und zur Stetigkeit seiner Dimensionen. Als drittes Merkmal kommt dazu die Gleichartigkeit der letzteren, welche in sich schliesst, dass ein beliebiges räumliches Gebilde bewegt oder gedreht werden kann, ohne dass sich seine räumlichen Eigenschaften ver-

---

[1] Cap. XII und XIV.

ändern. Diese Gleichartigkeit entspringt daraus, dass die Ordnung der Sinneseindrücke, die durch ihre Localzeichen zunächst ein Continuum von mehreren Dimensionen bilden, mittelst der Innervationsgefühle geschieht, welche ebenfalls stetig sind, aber nur die eine Dimension der Intensität besitzen. Da die Bewegungsempfindungen stetig sind, während doch zugleich Anfang und Ende der Bewegung durch discrete Tasteindrücke getrennt werden, vereinigen sich Raum und Zeit in der Bewegungsvorstellung. Die Raumvorstellung aber geht aus einer Synthese hervor, bei der das ungleichartige Continuum der Localzeichen vermittelst der Beziehung auf die Dimension der Innervationsgefühle in ein gleichartiges Continuum verwandelt wird. Dasselbe hat zwei Dimensionen, weil jedes der räumlich auffassenden Sinnesorgane eine Fläche ist. Der so in der Vorstellung gebildete Flächenraum hat jedoch wegen der wechselnden Beziehung der Eindrücke zum Anschauenden eine veränderliche Form. Vermöge der Bewegungsgesetze wird ferner überall die Gerade zum Messungselement des Raumes. Diese beiden Bedingungen schliessen in sich, dass unser Anschauungsraum ein ebener Raum von drei Dimensionen ist[1].

Auch die Raumanschauung existirt in unserm Bewusstsein nur als einzelne räumliche Vorstellung. Die reine Raumanschauung ist ein Begriff, der in die Vorstellung übersetzt immer zur einzelnen Vorstellung wird. Indem aber jedes räumliche Bild ein Object im Raume ist, d. h. andere räumliche Vorstellungen ausserhalb der gegebenen voraussetzt, muss der Raum, gleich der Zeit, im Begriff als unbegrenzt gedacht werden. Die messende Vergleichung der Raumgebilde führt zur Vorstellung der Raumgrösse. Als Maasseinheit dient dabei die Gerade, die Auge oder Hand bei der Bewegung verfolgen können. Flächen- und Körpergrössen führen wir daher stets zurück auf lineare Grössen.

Die Raumgrössen sind vermöge der Natur des Raumes stetig veränderlich. Aus der unmittelbaren Anschauung hervorgehend sind sie völlig unabhängig von der Zahlvorstellung, die erst nachträglich auf sie übertragen wird. Dies geschieht hier in doppelter Weise. Es kann erstens eine Mehrheit discreter räumlicher Objecte als Zahl aufgefasst, und zweitens die stetige Raumgrösse selbst der Messung nach Zahlgrössen unterworfen werden. Dort entsteht der gemeine Zahlbegriff mit den Operationen der gewöhnlichen Arithmetik, hier die irrationale Zahl (S. 684). In beiden Fällen muss aber die Vorstellung der Raumgrösse der Zahlvorstellung vorausgehen. Bei der irrationalen Zahl ist dies ohne weiteres klar, da die irrationale Natur derselben gerade in der Uebertragung des an sich discreten Zahlbegriffs auf den stetigen Raum ihren Grund hat. Aber auch discrete Raumobjecte können nur vorgestellt werden, insofern alle zusammen in einer stetigen Raumgrösse enthalten sind und erst durch ein

[1] Vergl. Cap. XII S. 484 und Cap. XIV S. 630.

successives Zählen, also durch ein in Wahrheit der Zeitvorstellung angehörendes Verfahren, in die gewöhnliche Zahlvorstellung gebracht werden. Zeit und Raum können demnach beide die Zahl- und Grössenvorstellung erwecken. Aber im Gebiet der Zeit entsteht die Grösse aus der Zahl, im Gebiet des Raumes die Zahl aus der Grösse. In den irrationalen Zahlen ist der Zahlbegriff seines einen wesentlichen Attributs, der discreten Beschaffenheit, entkleidet worden. Eine zweite, gleich wesentliche, weil aus der Natur der Zeit stammende Eigenschaft ist ihm geblieben: auch die irrationale Zahl hat nur eine Dimension. Sie kann zu- oder abnehmend und, wenn man von einem bestimmten Punkte aus den Vor- oder Rückschritt nimmt, positiv oder negativ, sie kann aber nicht nach verschiedenen Richtungen fortschreitend gedacht werden. Diese letzte Anwendung des Zahlbegriffs auf die Raumgrösse vollzieht sich erst in der imaginären Zahl. Denken wir uns neben den gewöhnlichen Zahleinheiten $+1$ und -1 eine neue Einheit i, für welche die Proportion gilt $+1 : i = i : -1$, so kann diese Einheit zwar durch das Zeichen $\sqrt{-1}$ auf die gewöhnlichen Zahlsymbole zurückgeführt werden, aber innerhalb der auf die Zeitvorstellung gegründeten arithmetischen Operationen bedeutet dieses Zeichen stets ein Verfahren, welches nicht ausgeführt werden kann. Dies will eben sagen, dass es innerhalb der Zeitvorstellung ausser $+1$ und -1 keine weitere Einheit gibt. Geben wir jedoch dem $+1$ und -1 die Bedeutung, dass sie die Einheiten einer geraden Linie bedeuten, welche von einem Nullpunkte aus nach entgegengesetzten Richtungen genommen sind, so findet die neue Einheit i alsbald ihre reelle Bedeutung als mittlere geometrische Proportionale zwischen $+1$ und -1. Sie ist nun die lineare Einheit in der auf der ursprünglichen Geraden im Nullpunkt errichteten Senkrechten. Zugleich ersieht man unmittelbar, dass i, ebenso wie die gewöhnliche Zahleinheit, in doppeltem Sinne, als $+i$ und $-i$, genommen werden muss, um die verschiedene Lage der Einheiten auf der im Nullpunkt errichteten Senkrechten auszudrücken (Fig. 150). Durch $+1$ und -1, $+i$ und $-i$ werden demnach die zwei Dimensionen einer Ebene bezeichnet, deren einzelne Punkte sämmtlich durch complexe Zahlen bestimmt werden, welche aus Producten gewöhnlicher und imaginärer Einheiten gebildet sind. Will man den Zahlbegriff nicht bloss auf die Ebene sondern auf jede beliebig gekrümmte Oberfläche oder auf den ebenen Raum von drei Dimensionen anwenden, so führt dies auf Producte der gewöhnlichen Einheit mit drei imaginären Einheiten[1]. Die Schwierigkeiten, welche theilweise schon die irrationalen noch mehr aber die imaginären und die aus ihnen abgeleiteten complexen Zahlen darbieten, sind eine unmittelbare Folge der psychologischen Thatsache, dass der Zahlbegriff ursprünglich der Zeitvorstellung entstammt, welche, da sie ihrer Natur nach discret ist, nur die rationale Zahl zulässt, und welche, da sie nur eine Richtung hat, nur eine einzige Form der Einheit möglich macht.



Fig. 150.

[1] Diese Producte sind die Quaternionen W. R. Hamiltons (Elements of Quaternions. London 1866), in denen die von Gauss (Werke II S. 109 u. 174) den imaginären Zahlen angewiesene geometrische Bedeutung ihre consequente Weiterbildung gefunden hat.

Bei den irrationalen Zahlen denken wir uns aber ein stetiges Fortschreiten, bei den imaginären eine Bewegung innerhalb einer Mehrheit von Dimensionen. Ein Gebilde, in welchem solche Bewegung stattfindet, ist eben der Raum, dem bei dieser Uebertragung des Zahlbegriffs gleichsam eine stetige und nach mehreren Dimensionen angelegte Zeit als imaginäres Gebilde substituirt wird.

Die imaginäre Zahl ist, wie aus diesen Betrachtungen hervorgeht, im eigentlichen Sinne imaginär nur so lange, als man an der ursprünglichen Bedeutung der Zahl als dem discreten Object in der Zeit festhält; sie gewinnt aber eine reelle Bedeutung, sobald man sie als Object im Raume bestimmt. Wie man nun hierbei dem Raume eigentlich eine imaginäre Zeit von zwei oder drei Dimensionen substituirt, so kann man weiterhin bei dem so gedachten Gebilde noch Eigenschaften voraussetzen, die über unsere wirkliche Raumanschauung hinausgehen. Auf diese Weise gelangt man zu dem Begriff eines imaginären oder transscendenten Raumes, wie ihn namentlich Gauss und Riemann untersucht haben[1]).

Die gewöhnliche Geometrie bezieht sich, da sie auf die Raumanschauung gegründet ist, auf den gewöhnlichen Raumbegriff als den eines ebenen Continuums von drei Dimensionen, welche letztere überdies beliebig mit einander vertauscht werden können. In diesem Raum ist die Grössenbeziehung irgend welcher Strecken unabhängig von der zu Grunde gelegten Einheit. Jede Figur bleibt also, wenn sie nach allen Dimensionen im gleichen Maasse vergrössert oder verkleinert gedacht wird, sich selbst ähnlich, und zwei congruente Figuren bleiben einander congruent, wie man sie auch im Raume verschoben denken mag. Eine specielle Folgerung dieses Satzes, an deren Zutreffen aber die ebene Beschaffenheit des Raumes am unmittelbarsten erkannt werden kann, ist das Axiom, dass parallele Linien mit einer und derselben Geraden Winkel von gleicher Grösse bilden. In dem gewöhnlichen Raum wird eine Dimension durch eine gerade Linie und werden zwei Dimensionen durch eine Ebene bezeichnet. Die drei Dimensionen können daher durch drei Gerade von verschiedener Richtung oder auch durch eine Ebene und eine gerade Linie ausgedrückt werden. Eben desshalb bezeichnet man den gewöhnlichen Raum als ein ebenes Continuum, indem man das Merkmal gewisser anderer Continua darin sieht, dass sich in ihnen zwei Dimensionen nicht durch eine Ebene, sondern nur durch eine gekrümmte Oberfläche darstellen lassen. Von dem Raume, wie er in unserer Anschauung besteht und Gegenstand der gewöhnlichen Geometrie ist, kann nun ein beliebiges Continuum in dreifacher Weise sich unterscheiden: 1) Es können die einzelnen Dimensionen des Continuums nicht mit einander vertauschbar sein. Ein derartiges Continuum mit drei nicht vertauschbaren Dimensionen haben wir z. B. in den Tönen, insofern sie nach Höhe, Intensität und Dauer bestimmt werden, kennen gelernt. Keine dieser drei Dimensionen kann an Stelle der andern gesetzt werden. Wir können uns z. B. die Dauer eines Tones hinwegdenken: dies ist dann etwas ganz anderes, als wenn das gleiche mit der Höhe oder Stärke des Tons geschieht; beim Raum dagegen entsteht eine Ebene von demselben geometrischen Charakter, von welcher der drei Di-

[1]) Gauss, disquisitiones circa superficies curvas. Werke IV, p. 219. Riemann, über die Hypothesen, welche der Geometrie zu Grunde liegen. Abhandl. der Gött. Gesellsch. d. Wiss. XIII. S. 133. Vergl. ferner Lobatschewsky in Crelle's Journal f. Mathematik XVII, S. 295. Helmholtz, Göttinger gel. Nachrichten. Juni 1868. F. Klein, ebend. August 1871.

mensionen wir auch abstrahiren mögen, und eine Gerade von derselben Beschaffenheit, welche Dimension wir als letzte übrig behalten wollen. Räume nennen wir daher nur solche Continua, deren Dimensionen, wie beim gewöhnlichen Raum, gleichartig sind. 2) Die Zahl der Dimensionen eines Continuums kann grösser oder kleiner als drei sein. Ein Continuum von geringerer Zahl der Dimensionen können wir uns ohne Schwierigkeit vorstellen, z. B. einen Raum, der im übrigen die Beschaffenheit des gewöhnlichen Raumes besässe, aber nur zwei Dimensionen oder nur eine einzige hätte. In der That abstrahirt die ebene Geometrie durchweg von der dritten Dimension. Einen Raum oder überhaupt ein Continuum von mehr als drei Dimensionen können wir uns zwar denken, aber nicht mehr vorstellen. Nichts desto weniger kann einem solchen Continuum eine reale Bedeutung zukommen, wie gerade das Beispiel einzelner psychischer Mannigfaltigkeiten zeigt. Denken wir uns z. B. die Lichtempfindungen nach Qualität, Intensität und zeitlicher Dauer bestimmt, so bilden sie, da die Qualität allein durch ihre Zerlegbarkeit in Farbenton und Sättigungsgrad schon zwei Dimensionen umfasst, ein Continuum von vier Dimensionen[1]. 3) Das Continuum kann ein nicht-ebenes sein. Dies bedeutet, dass die einzelnen Dimensionen desselben nicht durch gerade, sondern durch gekrümmte Linien, und dass demnach die zwei ersten Dimensionen nicht durch eine Ebene, sondern durch eine gekrümmte Oberfläche darstellbar sind. In dem ebenen Continuum ist das Krümmungsmaass überall gleich null. Wenn dasselbe ein Raum ist, d. h. wenn die einzelnen Dimensionen vertauschbar gedacht werden, so kann man sich die Gebilde dieses Raumes beliebig verschoben oder gedreht denken, ohne dass sie aufhören mit sich selbst congruent zu sein: nur in einem solchen Raum gelten daher die Sätze über die Congruenz und die Aehnlichkeit der Figuren, auf denen die gewöhnliche Geometrie beruht. In einem nicht-ebenen Continuum ist das Krümmungsmaass nicht gleich null, sondern hat einen bestimmten Werth, der entweder von constanter Grösse oder veränderlich sein kann. Ist das Krümmungsmaass constant, so entspricht den zwei ersten Dimensionen die Kugeloberfläche; ist es nicht constant, so bilden dieselben eine krumme Oberfläche von variabler Krümmung. Diese dritte Bestimmung des Continuums nach seinem Krümmungsmaass hängt nun mit der zweiten, nach der Zahl der Dimensionen nahe zusammen. In unserm Anschauungsraum als einem ebenen Raum von drei Dimensionen kann nämlich eine krumme Oberfläche dargestellt werden: die zwei ersten Dimensionen eines Continuums, dessen Krümmungsmaass nicht gleich null ist, sind uns also vorstellbar; wir müssen aber zu dieser Vorstellung die dritte Dimension unseres ebenen Raumes hinzunehmen. Dagegen übersteigt die dritte Dimension eines nicht-ebenen Continuums die Grenzen unserer Anschauung. Wir können uns ferner sogar einen nicht-ebenen Raum denken, von dem nur die erste Dimension anschaulich ist: falls nämlich diese erste Dimension durch eine Curve von doppelter Krümmung darstellbar wäre. Bei einer stetigen Mannigfaltigkeit, deren erste Dimension in einer Curve von dreifacher Krümmung gegeben ist, würde uns nicht einmal diese vorstellbar sein. Jedem nicht-ebenen Continuum können wir demnach ein ebenes von höherer Dimensionenzahl substituiren, und zwar muss an die Stelle des nicht-ebenen Continuums von n Dimensionen ein ebenes von $n+1$ Dimensionen treten, wenn die einzelne Di-

[1]) Vergl. Cap. IX, S. 392, 395 f.

mension eine *einfache* constante oder variable Krümmung besitzt. Dagegen muss das stellvertretende ebene Continuum $n+2$, $n+3$ u. s. w. Dimensionen haben, wenn die einzelne Dimension eine doppelte, dreifache u. s. w. Krümmung besitzt. Auch diese Betrachtungen haben ihre reale Bedeutung, wie abermals an dem Beispiel der Farbenempfindungen sich zeigen lässt. Wir haben gesehen, dass die Abstufungen der Farben und Sättigungsgrade, wenn sie in ihrer überhaupt denkbaren Mannigfaltigkeit, abgesehen von den durch die Reizbarkeit unserer Sinnesorgane oder gar durch die Sättigungsgrade der spektralen Farbentöne gesetzten Schranken, construirt werden sollen, zur Darstellung auf einer gekrümmten Oberfläche führen, von welcher die gewöhnliche Farbencurve nur ein bestimmter Durchschnitt ist. Das System der Lichtqualitäten bildet also in seiner allgemeinsten Form ein nicht-ebenes Continuum von zwei Dimensionen, zu dessen geometrischer Darstellung wir der drei Dimensionen unseres ebenen Raumes bedürfen. Die dritte Dimension der Lichtempfindung, die Intensität, lässt sich demnach, sobald wir diese allgemeinste Form der Farbenfläche wählen, nicht mehr geometrisch verwirklichen. Schliesslich darf nicht übersehen werden, dass wir bei allen diesen Darstellungen, mögen sie nun das System der Töne oder der Farben oder irgend andere nach Qualität und Intensität unterscheidbare Empfindungen treffen, immer Continua mit *ungleichartigen* Dimensionen vor uns haben, welche bei der räumlichen Versinnlichung des unterscheidenden Charakters ihrer einzelnen Dimensionen verlustig gehen. Jede geometrische Darstellung besteht darin, dass wir ein beliebiges Continuum in einen *Raum* von der entsprechenden Zahl der Dimensionen verwandeln, d. h. dass wir demselben sein ihm correspondirendes Continuum mit gleichartigen Dimensionen, als das *allgemeinste*, welches für alle stetigen Mannigfaltigkeiten von der gleichen Form das Schema abgibt, substituiren. Die geometrische Darstellung der Empfindungssysteme ist daher ein Process, welcher dem Vorgang, durch den sich der Raumbegriff bildet, unmittelbar gleicht: denn dieser entsteht ja, indem die einzelnen Dimensionen der als Zustände unseres Bewusstseins gegebenen Empfindungen ihre besondere Bestimmtheit verlieren.

Die Untersuchungen der imaginären Geometrie führen von mathematischer Seite zu einem ähnlichen Resultate wie die physiologische Analyse der räumlichen Vorstellungen. Jene Untersuchungen zeigen, dass der *Raum* als eine stetige Mannigfaltigkeit gleichartiger Dimensionen ein allgemeiner Begriff ist, der unsere Raumanschauung als besondere Form in sich enthält. Die physiologische Analyse hat aber gezeigt, dass die besondere Form des ebenen Raumes von drei Dimensionen in bestimmten Bedingungen unserer Organisation ihren Grund hat. Weiter lässt sich jedoch auf Grund jener mathematischen Betrachtungen nicht gehen. Vermuthungen wie solche, dass die wirkliche Welt vielleicht einem Raum von nicht-ebenem Krümmungsmaass zugehöre[1], sind nicht zulässig. Denn welche Ansicht man auch von der Beziehung unserer Vorstellungen zu den wirklichen Dingen hegt, niemals lässt sich die Behauptung rechtfertigen, die wirklichen Dinge müssten in einer andern Form vorgestellt werden, als wir sie überhaupt vorstellen *können*. Die Theorieen über die Natur der Materie, zu welchen die Wissenschaft geführt wird, können möglicher Weise weit abliegen von dem in der unmittelbaren Wahrnehmung sich darbietenden Scheine, wie sie es denn thatsächlich thun; sie können aber niemals zu Voraussetzungen

---

[1]) Vergl. Zoellner, über die Natur der Kometen, S. 305.

führen, die nicht unsern allgemeinen Anschauungsformen des Raumes und der Zeit conform sind. Aus dem Unvorstellbaren kann niemals das Vorstellbare hervorgehen. Eine in gewissem Sinn reelle Bedeutung haben die imaginären Raumformen nur insofern, als der Raum die Form ist, in der wir überhaupt stetige Mannigfaltigkeiten darstellen, es aber, wie wir gesehen haben, Continua gibt, z. B. dasjenige der Farben, die in unserm gewöhnlichen Raum nicht construirt werden können.

Die Frage, ob der Raum eine bloss subjective Form unserer Vorstellungen, oder inwiefern er zugleich objectiv begründet ist, gehört nicht vor das Forum der Psychologie. Die letztere muss als empirische Wissenschaft nachweisen, wie wir dazu kommen, das im Raum gegebene in räumlicher Form aufzufassen, ebenso wie sie zu den Vorstellungen Objecte als ihre Bedingungen voraussetzt. Am Schlusse ihrer Untersuchung gelangt nun aber die Psychologie zu dem Resultate, dass die subjectiven Bedingungen unseres Vorstellens unsere Auffassung der Welt wesentlich mitbedingen, und damit regt sie unmittelbar die metaphysische Frage nach dem wirklichen, von der Form unserer Empfindungen und Vorstellungen unabhängigen Sein der Dinge an. In Bezug auf den Raum hat KANT, obgleich mit den specielleren subjectiven Gründen der räumlichen Vorstellung noch unbekannt, doch das nächste Resultat psychologischer Untersuchung bereits klar hingestellt, indem er dem Raum, wie der Zeit, eine *transscendentale Idealität* zuschrieb, d. h. einen *subjectiven* Ursprung, zugleich aber eine *objective* Gültigkeit für alle Erfahrung[1]. Die Psychologie kann über dieses allgemeine Resultat nicht hinausgehen. Ob aber unsere Erkenntniss der Welt überhaupt bei demselben stehen bleiben müsse, ist eine Frage, die nicht mehr der Psychologie, sondern der Naturphilosophie zugehört.

Siebenzehntes Capitel.

Aesthetische Gefühle.

Die Gefühle, die an unsere Vorstellungen gebunden sind, bewegen sich zwischen den Gegensätzen des *Gefallens* und *Missfallens*. Sie geben, gleich den sinnlichen Gefühlen, aus der Eigenschaft des Bewusstseins hervor, durch seinen Inhalt in der Form contrastirender Zustände be-

[1] TRENDELENBURG hat bekanntlich behauptet, KANT habe nur die Alternative gestellt, ob Raum und Zeit bloss subjectiv oder bloss objectiv begründet seien, aber das dritte übersehen, dass sie beides zugleich sein könnten. (Logische Untersuchungen, 2. Aufl., I, S. 164, Historische Beiträge zur Philosophie, III, S. 226.) Diesen Vorwurf weist, wie mir scheint, KUNO FISCHER (Geschichte der neueren Philosophie, III, Vorwort, S. V) mit Recht zurück. Im Sinne des transscendentalen Idealismus ist eben das objectiv Bestimmende in der subjectiven Raumanschauung zugleich enthalten.

stimmt zu werden. Wie nun die Vorstellung selbst auf einer Mehrheit von Empfindungen beruht, die nach psychologischen Gesetzen zusammenhängen, so ist auch das ästhetische Gefühl nicht etwa eine Summe sinnlicher Einzelgefühle, sondern es entspringt aus der Verbindungsweise der Empfindungen, und der Gefühlston der letzteren bildet nur den sinnlichen Hintergrund, auf welchem das ästhetische Gefühl sich erhebt. Dieses befindet sich in vielen Fällen dem Indifferenzpunkt zwischen seinen Gegensätzen so nahe, dass wir uns desselben nicht deutlich bewusst werden. Aus diesem Grunde pflegt man das ästhetische Gefühl auf das Gebiet der im engeren Sinne so genannten ästhetischen Wirkungen einzuschränken. Doch sind bei den letzteren jene Gefühle, welche an und für sich alle Vorstellungen begleiten, nur zu grösserer Stärke entwickelt. Die psychologische Untersuchung muss den Begriff in seinem weiteren Sinne nehmen. Trotzdem wird es angemessen sein, auch hier von der ästhetischen Wirkung in ihrer gewöhnlichen Bedeutung auszugehen, weil bei ihr die Bedingungen der an die Vorstellung gebundenen Gefühle der Beobachtung deutlicher vorliegen. Bei allen Vorstellungen vollzieht sich die Verbindung der Empfindungen in dem allgemeinen Rahmen der beiden Anschauungsformen, der Zeit und des Raumes. Auf den Zeit- und Raumverhältnissen der Vorstellungen müssen daher die elementaren Bedingungen der ästhetischen Gefühle beruhen. Das Gehör, als zeiterweckender Sinn, gibt durch die zeitliche Verbindung seiner Vorstellungen, das Gesicht, als wichtigstes Organ der Raumanschauung, durch die räumliche Beziehung derselben zu Gefühlen Anlass, und beide Quellen vereinigen sich in der Bewegung.

Indem der Gehörssinn theils die gleichzeitigen theils die auf einander folgenden Eindrücke ordnet, ergeben sich für ihn zwei Grundformen ästhetischer Gefühle: Harmonie und Disharmonie, Rhythmus und Arrhythmie. Die Grundlage der Harmonie ist, wie ausführlich gezeigt wurde, die Coincidenz bestimmter Theiltöne verschiedener Klänge [1]. Die Harmonie ist am vollkommensten bei jenen Intervallen, bei welchen die Uebereinstimmung der Theiltöne hinreicht, um die Verwandtschaft deutlich empfinden zu lassen, und doch durch differente Klangbestandtheile das Zusammenfliessen zum Einklang verhindert ist. Gefallen entsteht also, wenn bei gleichzeitigen Klängen Uebereinstimmung und Verschiedenheit neben einander bestehen. Vermöge der ersteren fassen wir den Zusammenklang als eine Einheit, vermöge der letzteren doch nebenbei als eine Mannigfaltigkeit auf. Seine bestimmtere Färbung gewinnt aber das Harmoniegefühl erst durch die besondere Art der Klangverbindung. Der Dur-Accord, zusammengehalten durch den als Combinationston wahrgenommenen Grundklang, erscheint

[1] Cap. XIII, S. 501 f.

unmittelbar als eine Klangeinheit. Der Moll-Accord entbehrt dieser Verbindung. An die Stelle des Zusammenhalts durch den Grundklang tritt durch den coincidirenden Oberton ein Abschluss auf der entgegengesetzten Seite der Tonreihe. Dazu kommt als sinnlicher Hintergrund der Accordwirkung der kraftvolle Charakter der tiefen Töne, der durch den Grundklang sich dem Durdreiklang mittheilt, und der im Moll durch den entgegengesetzten Charakter des übereinstimmenden Obertons ersetzt wird. So kommt es, dass wir nur beim Duraccord in dem positiven Gefühl der Harmonie befriedigt ruhen, während der Mollaccord vielmehr ein Streben nach der Harmonie als diese selbst ausdrückt. Er erhält dadurch jenen sehnenden Charakter, der die Molltonarten zur Schilderung gewisser Gemüthslagen so ausserordentlich geschickt macht. Zwischen die volle Harmonie, welche die Abrundung in einem zusammenfassenden Grundklang verlangt, und die Disharmonie, welche jeder Vereinigung widerstrebt, tritt als vermittelndes Glied der Mollaccord. In ihm wird das Harmoniegefühl in einer unerwarteten Weise erreicht, durch Zustreben nach einem gemeinsamen hohen Ton statt durch Aufbau von einem Grundton aus. Die Disharmonie selbst ertragen wir nur als Uebergangsstimmung: sie muss sich in Harmonie auflösen, damit die befriedigende Wirkung der letzteren um so reiner hervortrete. Verstärkt wird diese Wirkung durch die Dissonanz, die der störenden Wirkung, welche die Unvereinbarkeit der Einzelvorstellungen auf unser Bewusstsein ausübt, die unmittelbare Störung der Klangempfindungen hinzufügt[1].

Der *Rhythmus* erregt Gefallen durch intensiv oder qualitativ verwandte Eindrücke, die in dem Wechsel verschiedener Gehörsvorstellungen meist nach regelmässigen Zeiträumen sich wiederholen. Gleiche Eindrücke in gleichen Pausen stattfindend wirken ermüdend, aber niemals rhythmisch. Damit ein ästhetisches Gefallen entstehe, müssen mindestens zwei verschiedene Eindrücke, Hebung und Senkung des Klangs, wie im $^2/_8$ Takt, in regelmässigem Wechsel einander folgen. Ebenso hört das rhythmische Gefühl auf, wenn die Reihe verschiedenartiger Eindrücke so gross wird, dass die Wiederholung des Aehnlichen nicht mehr empfunden werden kann, wie im $\frac{9}{4}$ Takt oder in andern die Grenze der Uebersichtlichkeit überschreitenden Formen[2]. Durch die Zusammenfügung der Takte zu rhythmischen Reihen, der Reihen zu Perioden, endlich der musikalischen Perioden zu den Abtheilungen der Melodie kann das rhythmische Gefühl auch noch über grössere Aufeinanderfolgen ausgedehnt werden. Wie die Harmonie, so beruht also auch der Rhythmus auf der leicht überschau-

---

[1]) Vergl. S. 370, 438.
[2]) S. 545 Anm.

baren Verbindung der Vorstellungen. Innerhalb der allgemeinen Regelmässigkeit der Succession werden dann durch die verschiedene Taktgliederung, die schnellere oder langsamere Folge der Eindrücke mannigfaltige Formen des Gefallens möglich, die sich noch unendlich erweitern, indem sie sich in der Melodie mit den Gesetzen der harmonischen Klangverbindung vereinigen. In dem Ganzen der musikalischen Wirkung ist es die Harmonie, welche der Gemüthsstimmung ihre Richtung gibt, der Rhythmus, welcher das Wechseln und Wogen der Gefühle schildert. Beide Formen des Ausdrucks werden aber zusammengehalten durch das Princip der das Mannigfaltige beherrschenden Einheit.

Bei den Gesichtsvorstellungen hat man der Combination verschiedener neben einander stattfindender Farbenempfindungen eine besondere, den Klangverbindungen analoge Wirkung zugeschrieben. Eine unbefangene Beobachtung muss jedoch in dieser Beziehung bei der Bemerkung stehen bleiben[1], dass Contrastfarben gegenseitig in ihrer sinnlichen Wirkung sich heben, eine Regel, welche übrigens weit entfernt ist, gleich dem Harmoniegesetz der Töne, für die Farbenverbindung bestimmend zu werden, da die letztere vor allem nach den in der Natur gegebenen Verhältnissen und nach der sinnlichen Wirkung der einzelnen Farben sich richten muss. Aber selbst jene Hebung der Contrastfarben beruht ganz und gar auf ursprünglichen Eigenschaften der Empfindung. Das ästhetische Gefühl im psychologischen Sinne ist daher von Farbe und Beleuchtung unabhängig, womit keineswegs gesagt sein soll, dass diese für die complicirte ästhetische Wirkung gleichgültig seien. Vielmehr bildet hier die Farbe in ähnlicher Weise einen bedeutungsvollen sinnlichen Hintergrund wie der einzelne Ton im Gefüge der Harmonie und Melodie. Und in dieser Beziehung ist denn auch die Verbindung der Farben nicht ohne Einfluss. Die hebende oder störende Wirkung der einzelnen Farben auf einander ist der sinnlichen Wirkung der Consonanz und Dissonanz zu vergleichen, wobei freilich nicht übersehen werden darf, dass die Störung, die sich im Zusammenklang mit grosser Gewalt geltend macht, durch das extensive Nebeneinander der Eindrücke ermässigt wird, und dass überdies die Anschauung der Natur und die durch sie entstandene Gewöhnung an mannigfache, nicht ganz befriedigende Farbenverbindungen unsere Empfindung mehr abgestumpft hat als bei der in freierer Selbstschöpfung sich bewegenden Klangwelt. So bleibt denn beim Gesichtssinn das ästhetische Gefühl selbst lediglich an die räumliche Form der Vorstellung gebunden. Jeder Gegenstand wirkt auf uns ästhetisch durch seine Gestalt. Die Farbe kann, wo sie hinzutritt, solche Wirkung verstärken, indem sie entsprechende sinn-

---

[1]) Vergl. S. 443.

liche Gefühle wachruft. Aber die ästhetische Wirkung kann auch unabhängig von dieser Zugabe der reinen Empfindung entstehen, wie die bloss gestaltenden Künste, Plastik, Architektur und zeichnende Kunst, beweisen.

Um die objectiven Bedingungen festzustellen, an welchen die ästhetische Wirkung der Gestalten haftet, bieten sich zwei Wege dar. Man kann zunächst einfache in freier Construction erzeugte Formen in Bezug auf das Gefallen oder Missfallen prüfen, das sie hervorbringen, ein Weg, der ganz und gar dem bei der Untersuchung der Klangverbindungen eingeschlagenen entspricht. Oder man kann hineingreifen in die lebendige Wirklichkeit der Natur und der sie nachahmenden Kunst, um an ihren Werken das Gefallende und Missfallende aufzufinden. Hier sehen wir uns dann auf einem neuen Wege, den man bei den Gesichtsvorstellungen vielfach sogar für den einzigen hielt, während es Niemandem einfallen würde, dem Gesang der Vögel oder dem Rollen des Donners zu lauschen, um die Bedingungen der musikalischen Schönheit aufzufinden. Hierin zeigt sich eben die ungeheuere Macht, welche bei der Gestaltenwirkung die unmittelbare Wahrnehmung äussert, wogegen das Gehör vollkommen frei nach den subjectiven Gesetzen der Empfindung und Vorstellung waltet. Da nun das ästhetische Gefühl in der Wirkung der Vorstellungen auf unser Bewusstsein besteht, so werden wir sicherlich an jenen Kunstgebilden, welche, unbeengt durch äusseren Zwang, lediglich unter Führung des Gefühls selber entstanden sind, leichter die allgemeinen Bedingungen des Aesthetischen auffinden können. Hierin liegt der grosse Vorzug der Musik für Psychologie und Aesthetik, da sich in ihr die elementaren Bedingungen des Wohlgefallens ohne weiteres auf mathematische Verhältnisse zurückführen lassen. Aber auch bei der psychologischen Analyse der Gestaltenwirkung wird man darum gut thun, von jenen einfachen Fällen g e o m e t r i s c h e r Schönheit auszugehen, welche ebenfalls den Vortheil bieten, dass sie vollkommen frei erzeugt werden und eine Zurückführung auf mathematische Verhältnisse in Aussicht stellen. Es soll nicht bestritten werden, dass die ästhetische Wirkung solcher Formen eine sehr geringe ist. Sie ganz zu leugnen würde aber gegen alle Kunsterfahrung verstossen, da doch die Ornamentik überall von derselben Gebrauch macht.

Als nächstes Resultat ergibt nun die Beobachtung einfacher Gestalten zweifellos, dass wir das Regelmässige dem Unregelmässigen vorziehen. Der einfachste Fall der Regelmässigkeit, die S y m m e t r i e, begegnet uns daher an allen Formen, bei denen eine gewisse ästhetische Wirkung beabsichtigt ist, und bei denen nicht die Nachbildung asymmetrischer Naturformen eine Abweichung vorgeschrieben hat. Die Symmetrie ist aber vorzugsweise eine h o r i z o n t a l e: so namentlich bei den frei erzeugten Gebilden der Archi-

tektur und Ornamentik. In verticaler Richtung treten viel häufiger andere Grössenverhältnisse an deren Stelle. Jene Bevorzugung beruht wohl auf der Gewöhnung an die Naturformen, wo namentlich bei den organischen, den Pflanzen und Thieren, vor allem beim Menschen selbst, ebenfalls eine horizontale oder, wie man sich ausdrückt, bilaterale Symmetrie besteht. Es sind nun aber keineswegs etwa alle einfach symmetrischen Figuren einander ästhetisch gleichwerthig. Wir ziehen z. B. entschieden einem Kreis oder Quadrat ein symmetrisches Kreuz oder sogar einem Quadrat mit horizontaler Grundlinie ein solches vor, dessen Ecken durch die Horizontale und Verticale halbirt werden. Der einfache Kreis gewinnt an ästhetischer Wirkung, wenn er mittelst einer Anzahl von Durchmessern in gleiche Sectoren getheilt ist, und diese Wirkung erhöht sich noch, wenn ausserdem in jedem Sector die Sehne gezogen wird. Geometrischer Formen dieser Art bedient sich daher nicht selten schon die Ornamentik, die von den einfachen Figuren kaum jemals Gebrauch macht. Wir können diese Erfahrungen dahin zusammenfassen, dass symmetrische Formen wohlgefälliger werden, wenn in ihnen eine grössere Zahl einzelner Theile verbunden ist. Die nackte Symmetrie ohne weitere Gliederung der Form ist zu arm, um unser Gefühl merklich anzuregen. Dies weist uns bereits darauf hin, dass nicht sowohl die Symmetrie an sich es ist, die gefällt, als die durch sie hergestellte ordnende Verbindung einer Mannigfaltigkeit einzelner Theile der Vorstellung.

Die Symmetrie ist die einfachste Weise, in der solche Zusammenfassung geschehen kann, aber nicht die einzige. Noch andere Gliederungen der Form erscheinen uns, namentlich wenn sie innerhalb der Höhendimension liegen oder sich auf das Verhältniss der Breite zur Höhe beziehen, wohlgefällig. Alle Proportionen der Formen bewegen sich zwischen zwei Extremen, zwischen der vollständigen Symmetrie $1:1$ und dem Verhältniss $1:\frac{1}{x}$, wo x eine so grosse Zahl bedeutet, dass $\frac{1}{x}$ sehr klein im Verhältniss zu 1 wird. Eine Proportion, welche die Symmetrie in eben merklicher Weise überschreitet, ist weniger wohlgefällig als eine solche, die von dem Verhältniss $1:1$ etwas weiter abliegt, denn sie erscheint eben nur als eine ungenaue Symmetrie und fordert als solche zu ihrer Verbesserung auf. Anderseits wird die Proportion $1:\frac{1}{x}$, bei welcher die kleinere Dimension an der grösseren nicht mehr anschaulich gemessen werden kann, entschieden ungefällig. Zwischen beiden Grenzen müssen also die gefallenden Verhältnisse liegen. Eines derselben ist die Theilung nach dem goldenen Schnitt, bei welcher das Ganze zum grösseren Theil sich verhält wie dieser zum kleineren ($x+1:x = x:1$). Diese Proportion, die nach

ZEISING[1]) das ganze Gebiet der Kunstformen beherrschen und sogar der Symmetrie überlegen sein soll, wird in der That, wie FECHNER's experimentelle Ermittelungen zeigen, bei der Untersuchung des Verhältnisses der verschiedenen Dimensionen einer Form, also z. B. der Höhe und Breite eines Quadrates, bestätigt gefunden[2]). Zweifelhafter ist es, ob dasselbe auch für die Gliederung einer einzigen Dimension, für welche die Symmetrie vorzugsweise bestimmend ist, eine dieser nahestehende Bedeutung habe. Jedenfalls kann es hier nur als eine mittlere Norm betrachtet werden, von der aus nach beiden Seiten in gewissem Umfang Abweichungen möglich sind. Dies liegt offenbar daran, dass das Verhältniss 1 : 1 überhaupt das einzige ist, welches wir im Augenmaass sicher und scharf aufzufassen vermögen, während wir alle andern Proportionen nur höchst ungenau abschätzen. Hier ist dann allerdings der goldene Schnitt eine der Proportionen, die noch eine verhältnissmässig einfache Anschauung zulassen, aber dieselbe ist vor einigen andern wie 1 : 2 oder 1 : 3, an sich vielleicht nicht einmal bevorzugt. In der That scheint es, dass die letzteren Verhältnisse oder ihnen angenäherte ebenfalls bei der Gliederung der Form einen wohlgefälligen Eindruck hervorbringen können. Hiernach dürfte sich für alle neben der Symmetrie möglichen Proportionen überhaupt die Regel aufstellen lassen, dass sie ästhetisch um so wirksamer sind, je mehr sie eine messende Zusammenfassung begünstigen. Es lässt sich nun nicht verkennen, dass in dieser Beziehung der goldene Schnitt die Eigenthümlichkeit besitzt, das Ganze zugleich als Proportionalglied zu enthalten, wodurch allerdings die Zusammenfassung der Theile in ein Ganzes erleichtert sein könnte. Im Vergleich mit der Auffassung der musikalischen Verhältnisse ist der Gesichtssinn durch die viel unvollkommnere Messung der räumlichen Grössen im Nachtheil, und ausserdem durch die Gewöhnung an Naturformen, die an ästhetische Normen nicht gebunden sind, von subjectiven Regeln freier. Dagegen entspringen hieraus gewisse Bedingungen der Uebereinstimmung des ästhetisch Eindrucksvollen mit den Naturformen, welche uns zu einer zweiten wichtigen Quelle der ästhetischen Gefühle überführen.

Dass die Schönheit einer menschlichen Gestalt nicht bloss aus der Regelmässigkeit ihrer Form hervorgeht, wird Niemand bestreiten. Ein

---

[1]) Neue Lehre von den Proportionen des menschlichen Körpers. Leipzig 1854. Das Normalverhältniss der chemischen und morphologischen Proportionen. Ebend. 1856.

[2]) FECHNER, zur experimentalen Aesthetik. Abhandl. der sächs. Ges. d. Wiss. XIV. S. 555 f. Bei dem Verhältniss verschiedener Dimensionen findet FECHNER, dass die Proportion 1 : 1 entschieden zu den ungefälligen gehört. Dies dürfte mit den früher (S. 558) besprochenen Ungleichheiten verticaler und horizontaler Entfernungen im Augenmaass zusammenhängen, vermöge deren uns in diesem Fall die wirkliche Symmetrie wie eine *ungenaue* Symmetrie erscheint.

regelmässiges Kreuz oder Sechseck wäre ihr sonst an ästhetischem Werth weit überlegen. Doch ebenso wenig wird man behaupten können, dass die Regelmässigkeit hier vollkommen gleichgültig sei. Die menschliche Gestalt ist bilateral symmetrisch; sie ist in ihrer Höhe nach Verhältnissen gegliedert, die der allgemeinen Regel folgen, dass sie sich innerhalb der Grenzen leicht überschaubarer Maasse bewegen, und die zwar innerhalb einer gewissen Breite schwanken, von deren Durchschnittswerthen aber doch nicht allzu weit abgegangen werden darf. Mehr jedoch als diese abstracten Proportionen dürfte zu der ästhetischen Auffassung der Menschengestalt und der Pflanzen- und Thierformen die Wiederholung homologer Theile beitragen, welche innerhalb der verticalen Gliederung eine Symmetrie zusammengesetzterer Art hervorbringt. Ober- und Vorderarm, Ober- und Unterschenkel, Arme und Beine, Hände und Füsse, Hals und Taille, Brust und Bauch treten uns sogleich als formverwandte Theile entgegen. In den Armen und Händen wiederholen sich in feinerer und vollkommenerer Form die Beine und Füsse. Die Brust wiederholt in gleicher Art die Form des Bauches. Indem sich dieser nach unten zur Hüfte, jene nach oben zum Schultergürtel erweitert, den beiden Stützapparaten der Extremitätenpaare, vollendet sich die Symmetrie der homologen Gebilde. Während aber alle andern Theile nur zweimal in der verticalen Gliederung der Gestalt wiederholt sind, in einer unteren massiveren und in einer oberen leichteren Form, ist auf jene beiden Glieder des Rumpfes als ein dritter homologer Theil noch das Haupt gefügt, welcher damit unmittelbar als der entwickeltste des ganzen Leibes erscheint, der die übrigen symmetrischen Theile erst in eine Einheit abschliesst. Aehnliche Betrachtungen würden an jede Thier- und Pflanzenform sich anknüpfen lassen. Sie würden ergeben, dass die ästhetische Wirkung aller organischen Gestalten nicht sowohl von einem abstracten Formgesetz abhängt als von jener Symmetrie in der Wiederholung homologer Theile und von der Vervollkommnung, die sich hierbei gleichzeitig in dem Aufbau der Formen zu erkennen gibt. Von hier gehe man nun zur Anschauung landschaftlicher Schönheiten oder der Werke der bildenden Kunst über. Auch da gilt im allgemeinen die Regel, dass sich die Verhältnisse der Dimensionen und ihrer Theile von der Eintönigkeit der vollständigen Symmetrie und der Grenze incommensurabler Proportionen gleich weit entfernen. Es ist daher begreiflich, dass man, weil zudem in der Wahl der Eintheilungspunkte einige Freiheit besteht, eine Regel leicht bestätigt finden kann, die, wie der goldene Schnitt, diese Mitte einhält. Doch der formale Grund des Gefallens liegt offenbar wieder viel weniger in solchen abstracten Maassgesetzen als in jener Symmetrie, welche die freie Wiederholung analoger Formen mit sich führt. Die Meisterwerke der bildenden Kunst zeigen darin eine Analogie mit der Schönheit organischer

Naturformen, namentlich der menschlichen Gestalt, dass sie von unten nach oben vervollkommnend sich aufbauen und einem das Ganze beherrschenden Theil zustreben. In der That ist nun diese Art der Schönheit der organischen Natur und des Kunstwerkes, die in der Wiederholung und Veredlung ähnlicher Formen besteht, der Schönheit des geometrisch Regelmässigen unendlich überlegen. Ueber den Grund dieses Unterschieds geben uns aber schon die Erfahrungen an dem geometrisch Regelmässigen einigermaassen Rechenschaft. Dem einfachen ziehen wir den in Sectoren gegliederten Kreis, und so überhaupt dem einfach Symmetrischen das Mannigfaltige vor, das durch Symmetrie zu einer geordneten Einheit sich abschliesst. Auch die Musik bietet nahe liegende Vergleichungspunkte. Den Takt wird Niemand als Element der musikalischen Schönheit leugnen. Seine Wirkung wächst aber, wenn er einen mannigfaltigeren Wechsel der Klangeindrücke beherrscht; und ihm weit überlegen, wenn auch ihn voraussetzend, ist das rhythmische Gefüge der Melodie, das in der grösseren Freiheit, mit der es sich bewegt, an die freiere Symmetrie der höheren Naturformen und der Werke der bildenden Kunst erinnert. Dies also ist überall die Bedingung wirkungsvollerer Schönheit, dass das Ganze, das zu einer Einheit zusammengefügt ist, zugleich in seiner Mannigfaltigkeit fühlbar werde. Je bunter diese ist, um so befriedigender wird die Verbindung, die erst eine Auffassung und Ordnung des Einzelnen möglich macht.

Aber freilich ist mit diesem Resultat, auf welches die Zergliederung der allgemeinen äusseren Bedingungen des Gefallens hinführt, noch keineswegs die Tiefe des ästhetischen Gefühls ausgemessen. Wäre dasselbe nur durch die Zeit- und Raumverhältnisse der Vorstellungen bestimmt, so liesse sich wohl begreifen, wie ein Gefallen verschiedenen Grades entstehen kann, aber die unendliche qualitative Mannigfaltigkeit der Gefühle bliebe unerklärt. Die Verhältnisse der Vorstellungen begründen nur die allgemeinen Formen des Gefallens und Missfallens. Vorstellungen, die sich durch symmetrische und proportionale Gliederung in eine leicht überschaubare Einheit zusammenfügen, befriedigen uns, andere, die einer solchen Ordnung widerstreben, missfallen uns. Seine specifischen Färbungen empfängt aber das ästhetische Gefühl jedesmal durch den besonderen I n h a l t der Vorstellungen. So ist es zweifellos, dass bei der Schönheit der menschlichen Gestalt nicht bloss die Symmetrie der Formen, sondern vor allem die besondere Bedeutung, die wir denselben in Gedanken beilegen, von Wirkung ist. Bei der Stellung der Glieder denken wir an die Function, die denselben als stützenden Trägern des Leibes zukommt. Eine mechanisch unmögliche Stellung missfällt uns daher selbst bei der sorgfältigsten Einhaltung normaler Proportionen. Missverhältnisse der Dimensionen sind uns nicht zum kleinsten Theile desshalb anstössig, weil sie der Bestimmung der

Organe zu widerstreben scheinen. Vollends das Haupt muss Gedanken zum Ausdruck bringen, und ein Reflex dieses Ausdrucks muss auf die Haltung aller übrigen Theile zurückstrahlen. So ist in der blossen Gliederung der Gestalt die Schönheit nur in rohen Umrissen angelegt, und erst die Belebung der Formen durch den Inhalt unserer Vorstellungen vollendet die ästhetische Wirkung. Dies legt nun den Gedanken nahe, dass auch jene ganz abstracten Verhältnisse, wie sie uns in den geometrisch regelmässigen Figuren oder in dem Taktmaass der Melodie als Normen des Gefallens begegnen, ihre ästhetische Wirkung einem Gedankeninhalt verdanken, der zwar nicht in ihnen selbst eigentlich liegt, den aber wir in sie hineinlegen. Das Rhythmische und das Symmetrische gefällt uns, weil die Gesetze der Verbindung des Mannigfaltigen, die sie enthalten, den Gedanken an zahllose Vorstellungen ästhetischer Gegenstände in uns anklingen lassen. Jene abstracten Formverhältnisse sind daher ästhetische Objecte von unbestimmtem Inhalt, aber sie sind nicht inhaltsleer. Darum eben sind sie geeignet Träger der zusammengesetzteren ästhetischen Wirkungen zu werden, wobei nur, wenn unser Gefühl befriedigt werden soll, die Form dem Inhalt entsprechen muss. In einer solchen Gesammtwirkung sind daher jene abstracten Verhältnisse der Harmonie, des Rhythmus und der Symmetrie zugleich die äusseren Formbedingungen, welche die Zusammenfassung des ästhetischen Inhalts ermöglichen.

Erst die Erfüllung dieser Formen mit einem Inhalte macht es aber möglich, dass Gefallen und Missfallen in eine grosse Zahl einzelner Bestimmungen aus einander treten, die in den Benennungen Schön, Erhaben, Hässlich, Niedrig, Komisch u. a. nur nach ihren wichtigsten Gattungen unterschieden sind. Beim Schönen sind wir uns der Verbindung zusammenstimmender Vorstellungen klar bewusst. Beim Erhabenen erreicht oder überschreitet der vorgestellte Gegenstand durch seine Grösse die Grenze, wo er leicht in eine Vorstellung zusammengefasst werden kann, während doch seine Beschaffenheit solches verlangt. Beim Komischen und Lächerlichen stehen die einzelnen Vorstellungen, welche ein Ganzes der Anschauung oder des Gedankens bilden, unter einander oder mit der Art ihrer Zusammenfassung theils im Widerspruch, theils stimmen sie zusammen. So entsteht ein Wechsel der Gefühle, bei welchem jedoch die positive Seite, das Gefallen, nicht nur vorherrscht, sondern auch in besonders kräftiger Weise zur Geltung kommt, weil es, wie alle Gefühle, durch den unmittelbaren Contrast gehoben wird[1]). Die nähere Begriffsbestimmung dieser Formen des Gefallens der Aesthetik überlassend, haben wir hier nur noch auf die psychologisch bedeutsamen Beziehungen derselben zu den sinnlichen

---

[1]) Vergl. S. 430.

Gefühlen und Affecten hinzuweisen. Dass ein Hintergrund sinnlicher Gefühle jede ästhetische Wirkung in grösserer oder geringerer Stärke begleitet, wurde schon mehrfach hervorgehoben. Nicht minder kommt der Affect zu Hülfe, um die Theilnahme des ganzen Gemüths vollständig zu machen. Der schöne Gegenstand befriedigt in dem Einklang seiner Formen unsere Erwartung; das Missfallen an dem Hässlichen verbindet sich mit dem Affect des Abscheus. Das Erhabene hat als sinnlichen Hintergrund starke Innervationsgefühle, indem wir die Spannung unserer Muskeln nach der Kraft des Eindrucks zu steigern suchen. Wo das Erhabene zum Ungeheuren anwächst, da verengern sich reflectorisch die Hautgefässe und bewirken so die sinnliche Empfindung des Schauderns, mit der sich zugleich leise der Affect der Furcht combinirt. Darin ist die Hinneigung des Erhabenen zu Unlustgefühlen angedeutet, die es auch als ästhetisches Gefühl schon enthält, insofern in ihm eben die Grenze der Verbindung des Mannigfaltigen erreicht oder sogar überschritten wird. Das Hässliche erregt gleichzeitig Schaudern und Abscheu. Beim Komischen aber wechseln beide in rascher Folge mit den Gefühlen sinnlicher Lust und befriedigter Erwartung. Auf sinnlichem Gebiet entspricht diesem Wechsel das eigenthümliche Gefühl des Kitzels, dessen Empfindung uns Lachen verursacht, eine stossweise Respirationsbewegung, die bekanntlich auch durch den physischen Reiz des Kitzelns verursacht wird. Wie Ewald Hecker wahrscheinlich macht, zieht hierbei die intermittirende Wirkung des Reizes eine intermittirende Erregung der Gefässnerven nach sich, welche auf das Centralorgan der Athembewegungen zurückwirkt[1]). Das Komische erregt nun, wie alle stärkeren ästhetischen Gefühle, ebenfalls die Gefässnerven, wobei aber vermöge der rasch wechselnden Natur des Gefühls, wie beim physischen Kitzel, eine intermittirende Reizung entsteht. So bestätigt es sich überall, dass die sinnlichen Gefühle, welche den ästhetischen Wirkungen zum Hintergrund dienen, in ihrer Natur den einzelnen ästhetischen Gefühlen verwandt sind; und das nämliche gilt von den Affecten, die sich hinzugesellen.

Alle Vorstellungen, die den Inhalt ästhetischer Wirkungen ausmachen, sind zunächst immer Einzelvorstellungen. Aber unser Gefallen oder Missfallen erregen dieselben erst, indem sie sich gewissen Allgemeinvorstellungen, die unserm Bewusstsein disponibel sind, unterordnen. Wo der Gegenstand zusammengesetzter ist, da gibt derselbe zu einer Reihe mit einander verbundener Allgemeinvorstellungen Anlass, die sich in der Form eines zusammenhängenden Gedankens aussprechen lassen. Dies ist es, was man in der geläufigen Regel auszudrücken pflegt, dass der ästhetische Gegenstand

---

[1]) E. Hecker, die Physiologie und Psychologie des Lachens und des Komischen. Berlin 1873.

Träger einer Idee sein müsse. Ganz ohne Idee ist selbst die einfache Schönheit des Taktes oder des geometrisch Regelmässigen nicht. Denn es verbindet sich damit der Gedanke eines harmonischen Gleichmaasses, der in den höheren Gestaltungen der Schönheit nur in entwickelteren Formen wiederkehrt. Da nun aber die Gedanken, welche der einzelne ästhetische Gegenstand in uns wachruft, nicht nur von ihm sondern auch von der augenblicklichen wie von der dauernden Disposition unseres Bewusstseins abhängen, so begreift sich einerseits die Unbestimmtheit der ästhetischen Ideen, anderseits ihre Abhängigkeit von dem anschauenden Subject. Derselbe Gegenstand kann in verschiedenen Menschen mannigfach wechselnde Gedanken wachrufen, und der ästhetisch gebildete Geist sogar kann bald diese bald jene Idee mit einem gegebenen Objecte verbinden, da die Anschauung unsern Gedanken nur ihre allgemeine Richtung anweist, die besondere Gestaltung derselben aber vollkommen frei lässt. So sehen wir die ästhetischen Gefühle überall aus der unmittelbaren Wirkung der Einzelvorstellungen auf das Bewusstsein hervorgehen. Diese Wirkung äussert sich aber in der Einordnung des Einzelnen in den vorhandenen Vorrath allgemeiner Vorstellungen. Das nächste Motiv des Gefallens liegt immer in der Leichtigkeit, mit welcher der Gegenstand unserer Wahrnehmung den bereit liegenden Formen der Zeit- und Raumanschauung sich einfügt; daher das gleichförmige Zeitmaass des Rhythmus, die leicht überschaubaren Verhältnisse der symmetrischen und proportionalen Gliederung des Räumlichen die einfachsten Bedingungen des Gefallens enthalten. Nicht minder wird man in der Befriedigung, welche wir bei der Lösung einer Aufgabe oder bei dem einfachen Verstehen eines gehörten Satzes empfinden, ein ästhetisches Gefühl anerkennen müssen; ja die elementarste Form desselben begegnet uns ohne Zweifel schon bei dem Wiedererkennen eines einmal wahrgenommenen Gegenstandes, bei der einfachen Erinnerung an ein gehörtes Wort u. dergl. In allen diesen Fällen liegt aber die Ursache des Gefühls in der Einordnung der Vorstellungen in den Vorrath der unserm Bewusstsein verfügbaren Formen. Beim Aesthetischen im engeren Sinne begegnen uns die nämlichen Vorgänge; nur der Werth der durch den Eindruck wachgerufenen Gedanken ist ein anderer. Denn die Wirksamkeit der höheren ästhetischen Vorstellungen beruht überall auf der Erweckung sittlicher und religiöser Begriffe. Indem wir uns dieser als unseres besten Besitzthums bewusst sind, legen wir dem angeschauten Gegenstand in dem Maasse höheren Werth bei, als das Gefühl, das er erweckt, jene höchsten Begriffe aus dem Dunkel der Seele emporzieht, und als er dadurch auf uns selbst veredelnd zurückwirkt. Die äusseren Maassverhältnisse, in denen sich der im höheren Sinne ästhetische Gegenstand darbietet, sind nur das äussere Gewand, das, wo es seines bedeutsamen Inhalts beraubt wird,

wenig mehr als jene gemeinere psychologische Form des ästhetischen Gefühls zurücklässt, die an jede Aufnahme der Vorstellungen gebunden ist, höchstens insofern der letzteren überlegen, als schon das Gleichmaass der Theile einer Vorstellung in uns Gedanken anklingen lässt, denen ein ethischer Werth zukommen kann. Theils durch diese Gedanken theils durch die erleichterte Zusammenfassung wird das Regelmässige, das symmetrisch Gegliederte zu einem so wirkungsvollen Gewande für die höheren Formen des Aesthetischen.

Seiner psychologischen Natur nach lässt sich hiernach das ästhetische Gefühl allgemein als die unserm Bewusstsein eigenthümliche Reaction auf die in dasselbe eintretenden Vorstellungen bestimmen. Die besondere Färbung des Gefallens und Missfallens ist aber ganz und gar von dem Inhalt der durch die Vorstellung erweckten Gedanken abhängig, und nach dem Werth der letzteren ermessen wir auch die des Gefühls. So tritt uns im Gebiet der ästhetischen Gefühle zum ersten Mal die Thatsache einer Werthschätzung entgegen, die bei den sinnlichen Gefühlen noch ganz und gar fehlte. Trotzdem stimmen beide Formen ihrer allgemeinen Natur nach überein. Wie das sinnliche Gefühl die Reaction des Bewusstseins auf die Empfindung, so ist das ästhetische Gefühl seine Rückwirkung auf die Vorstellung. Da nun in die Vorstellung Empfindungen als ihre Bestandtheile eingehen, so ist die überall nachweisbare Verbindung ästhetischer mit sinnlichen Gefühlen begreiflich. Anderseits bleibt aber auch die Vorstellung nicht ruhend im Bewusstsein, sondern sie wird aufgenommen in den Verlauf innerer Vorgänge, auf welchen das Gefühl unmittelbar einwirkt und so, wie wir bald sehen werden, den Affect hervorbringt. Wie daher das ästhetische von sinnlichen Gefühlen getragen wird, so leitet es selbst unvermerkt in den Affect über.

Die psychologische Untersuchung der ästhetischen Gefühle hat bis jetzt noch immer unter dem Umstande zu leiden gehabt, dass die Anregung zu derselben ganz und gar von jenem Aesthetischen im engeren Sinne ausgieng, mit welchem sich die Theorie der schönen Künste und die aus ihr unter dem Namen der Aesthetik hervorgegangene Wissenschaft beschäftigt. So ist es gekommen, dass man jene einfachsten Fälle des Gefallens und Missfallens ganz aus dem Auge verlor, welche doch für die psychologische Theorie die Grundlage sind, von der aus auch die complicirteren ästhetischen Wirkungen erklärt werden müssen. Eine weitere erschwerende Bedingung lag darin, dass die erste Begründung der Aesthetik von dem logischen Formalismus der Wolff'schen Schule beherrscht war. Statt direct nach den Motiven des ästhetischen Gefühls zu suchen, behandelte man ohne weiteres die ästhetische Auffassung als eine Form des Erkennens und suchte nun nach dem Begriff, aus dessen Verwirklichung das ästhetische Gefühl hervorgehen sollte. Kant, der diese Auffassung beseitigte, ist doch selbst noch von ihr beeinflusst, indem er das Aesthetische der

Urtheilskraft zuweist, die in der logischen Stufenfolge der Seelenvermögen zwischen Verstand und Vernunft das Mittelglied bildet, und indem er dem Begriff der **Wahrheit**, in dessen dunkle Erkenntniss die älteren Aesthetiker das ästhetische Gefühl versetzen, den der **Zweckmässigkeit** substituirte. Erst dadurch lenkt KANT auf einen völlig neuen Weg ein, dass er beim ästhetischen Geschmacksurtheil die Zweckmässigkeit als eine ganz und gar subjective hinstellt, die niemals auf einen objectiven Zweck sich beziehen könne[1], und dass er dem Zweck eine eigenthümliche Mittelstellung zwischen den Naturbegriffen und dem Freiheitsbegriff anweist, die der Mittelstellung der Urtheilskraft zwischen Verstand und Vernunft entspricht. Hierin liegt nun nach KANT'scher Auffassung hauptsächlich der Werth des Aesthetischen, dass es für uns zwischen den Gebieten der Natur und der Sittlichkeit die natürliche Brücke bildet[2]. Die idealistische Aesthetik, die auf KANT gefolgt ist, knüpft an diesen Gedanken an, indem sie denselben zu grösserer Reinheit und Allgemeinheit entwickelt. Sie setzt das Aesthetische überall in die Verwirklichung der **Idee**, also eines geistigen Inhalts. Da nun aber diese Anschauung das Reale überhaupt als eine lebendige Entwicklung des Geistigen oder, wie sie sich ausdrückt, der absoluten Idee ansieht, so muss sie das engere Gebiet des Aesthetischen in jene künstlerische Thätigkeit verlegen, welche die Idee ohne die Trübungen und Schranken zu realisiren sucht, die sie in der Natur erfährt. So kommt es, dass hier einerseits die ganze Naturbetrachtung wesentlich zu einer ästhetischen wird, wie das Beispiel SCHELLING's zeigt, und dass sich anderseits die Betrachtung des Aesthetischen im engeren Sinne ganz und gar auf das Gebiet der Kunst zurückzieht, wie an HEGEL zu sehen ist. So vieles auch die Aesthetik dieser Richtung verdankt, die Psychologie geht dabei im Ganzen leer aus. Es ist nicht zu leugnen, dass die letztere aus dem im schroffen Gegensatz zu den idealistischen Systemen entstandenen Bestreben HERBART's, die **objectiven** Bedingungen des ästhetischen Urtheils aufzufinden, mehr Anregung geschöpft hat. Aber auch diesem Philosophen ist es nicht gelungen eine haltbare Theorie des ästhetischen Gefühls zu finden. Er bleibt bei der Bemerkung stehen, dass das ästhetische Gefühl auf Verhältnissen der Vorstellungen beruhe. Der Unterschied vom sinnlich Angenehmen und Unangenehmen bestehe nur darin, dass uns beim ästhetischen Gegenstand jene Verhältnisse selbst in der Vorstellung gegeben sind, daher sie zugleich in der Form eines Urtheils dargestellt werden können[3]. Näher durchgeführt hat HERBART diese Theorie nur bei den musikalischen Intervallen, wo seine Betrachtungen in starken Widerspruch mit den physikalischen und physiologischen Thatsachen gerathen. Er misst die Harmonie der Zusammenklänge nach dem Verhältniss, in welchem sie einerseits zum vollen Gegensatz, anderseits zur vollen Uebereinstimmung stehen. Die Octave soll als voller Gegensatz zweier Töne die vollkommenste Consonanz gewähren, nächst ihr die Quinte, weil sie zwischen Gegensatz und Uebereinstimmung genau die Mitte halte u. s. w.[4]. Man hat solche Betrachtungen auch auf andere Verhältnisse, wie die Farbenintervalle, auszudehnen gesucht. Aber der Ausgangspunkt dieser Speculationen ist ganz willkürlich. Die Octave, weit entfernt der

---

[1] Kritik der Urtheilskraft, S. 16, 29.
[2] a. a. O., S. 39, 229.
[3] Psychologie als Wissenschaft II. Werke Bd. 6, S. 93. Vergl. a. Bd. 5, S. 394.
[4] Psychologische Bemerkungen zur Tonlehre. Werke Bd. 7, S. 7 f.

reine Gegensatz zum Grundton zu sein, ist vielmehr dem vollständigen Einklang am meisten verwandt. Warum die Octave als reine Hemmung und die Quinte als Mittleres zwischen Hemmung und Verschmelzung einander am nächsten stehen sollen, wird nirgends nachgewiesen. Es könnte nun allerdings trotz dieser misslungenen Versuche die Theorie im allgemeinen richtig sein. Aber wir müssen auch dies bestreiten. Wenn HERBART überall den ästhetischen Eindruck auf einem Zusammenwirken einfacher Formverhältnisse beruhend glaubt, so liegt darin das Verdienst einer Hinweisung auf gewisse, bis dahin zwar nicht übersehene, doch von den philosophischen Theorieen vernachlässigte objective Bestimmungsgründe des Aesthetischen, aber es enthält diese Behauptung eine doppelte Uebertreibung. Die eine entspringt daraus, dass HERBART bei der Bildung seiner ästhetischen Begriffe offenbar von der Musik ausgieng, die, vollvollkommen frei in der Behandlung ihres Materials, in der That auf den einfachen Verhältnissen der harmonischen Intervalle und des Rhythmus ihr ganzes Gebäude errichtet. Aber schon sie bietet in dem melodischen Gefüge des Kunstwerks ein Ganzes dar, das sich in jene einfachsten Bestandtheile nicht ohne Rest auflösen lässt, und bei den Werken der bildenden Kunst treten die einfachen Formverhältnisse der Theile gegen die Bedeutung des Ganzen noch mehr in den Hintergrund. Die erste Einseitigkeit HERBART's besteht also darin, dass er ein rein äusserliches Verhältniss zum Bestimmungsgrund des ästhetischen Gefühls macht, indem er die unerwiesene Behauptung aufstellt, dass das Ganze vollständig in einfache Formverhältnisse aufgelöst werden könne. Damit hängt der zweite Fehler nahe zusammen. Jene Formverhältnisse sollen durch die Verhältnisse der Verschmelzung und Hemmung der Einzelvorstellungen, die sie hervorbringen, unmittelbar das ästhetische Gefühl erzeugen. Davon dass Gefallen und Missfallen wesentlich von dem Gedankeninhalt abhängen, den wir in die Formen hineinlegen, oder den sie in uns anregen, wird ganz abgesehen. Ueberdies ist HERBART auch hier den Beweis schuldig geblieben, dass Verhältnisse der Vorstellungen ein Gefühl erzeugen können. An und für sich sind solche Verhältnisse ganz gleichgültig. Gefallen und Missfallen deuten aber, wie jedes Gefühl, auf eine Reaction des Bewusstseins gegen den Eindruck. Diese Reaction ist nun bei allen Formen der ästhetischen Wirkung von dem Inhalt an Vorstellungen abhängig, welcher dem Bewusstsein verfügbar ist. Nicht sowohl das Verhältniss der gegebenen Vorstellungen selbst, als vielmehr ihr Verhältniss zu dem Vorstellungsinhalt unseres Bewusstseins bestimmt also das ästhetische Gefühl. In einer Beziehung findet sich übrigens bei HERBART eine richtige Einsicht, in der Rückbeziehung sittlicher auf ästhetische Werthbestimmungen. Hinsichtlich der psychologischen Entstehung der Gefühle wenigstens hat es damit in der That seine Richtigkeit. Die sittliche Regung, die religiöse Erhebung des Gemüths und endlich die intellectuelle Befriedigung beruhen alle auf Gefühlen gleicher Art. Im Gebiet der eigentlichen Aesthetik darf man wohl eine Ausgleichung der oben berührten Gegensätze hoffen, seitdem neuere Verfechter der realistischen Richtung, wie namentlich LOTZE [1]), die Grundgedanken der idealistischen Aesthetik anerkannt haben, während von der andern Seite die Hauptvertreter der letztern, wie F. TH. VISCHER [2]), der Aufsuchung der objec-

[1]) Geschichte der Aesthetik in Deutschland. München 1868. S. 232, 323 u. a.
[2]) Kritische Gänge. 5. Heft. S. 140.

tiven ästhetischen Formverhältnisse ihre relative Berechtigung zugestehen. Den so sich nähernden Standpunkten dürfte die hier entwickelte psychologische Theorie nicht ferne stehen, abgesehen davon, dass sie dem ästhetischen Gefühle nothwendig eine Erweiterung geben muss, die über das Aesthetische im engeren Sinne hinausgeht.

Vierter Abschnitt.

Von dem Bewusstsein und der Wechselwirkung der Vorstellungen.

Achtzehntes Capitel.

Bewusstsein und Aufmerksamkeit.

Da das Bewusstsein selbst die Bedingung aller inneren Erfahrung ist, so kann aus dieser nicht unmittelbar das Wesen des Bewusstseins erkannt werden. Alle Versuche dieser Art führen daher entweder zu tautologischen Umschreibungen [1]) oder zu Bestimmungen der im Bewusstsein wahrgenommenen Thätigkeiten, welche eben desshalb nicht das Bewusstsein sind, sondern dasselbe voraussetzen [2]). Es ergeht uns also hier gerade so wie bei der Empfindung, bei der auch keine weitere Definition möglich ist als die, dass sie das Einfachste sei was wir in uns finden und daher überall erst durch Auflösung der zusammengesetzten Zustände in ihre Bestandtheile gewonnen werde. Aehnlich besteht das Bewusstsein lediglich darin, dass wir überhaupt Zustände und Vorgänge in uns finden. So könnte es

---

[1]) So die Definition HERBART's und seiner Schule: das Bewusstsein ist die Summe aller wirklichen oder gleichzeitig gegenwärtigen Vorstellungen (HERBART V, S. 208, VOLKMANN, Psychologie S. 90). Die wirklichen oder gegenwärtigen sind eben nur tautologisch für die bewussten Vorstellungen gesetzt.

[2]) Hierher gehören alle jene Auffassungen, nach welchen das Bewusstsein eine unterscheidende, eine Subject und Object einander gegenüberstellende Thätigkeit ist. Indem diese Theorieen zwischen Bewusstsein und Selbstbewusstsein keinen wesentlichen Unterschied machen, verrathen sie ihre Beeinflussung durch die idealistischen Systeme FICHTE's und HEGEL's. Von neueren Psychologen gehören hierher GEORGE (Lehrbuch der Psychologie, S. 229), ULRICI (Leib und Seele, S. 274); auch meine eigene frühere Auffassung entspricht diesem Standpunkte (Vorlesungen über die Menschen- und Thierseele I S. 285). Verwandt sind jene Ansichten, welche das Bewusstsein auf einen inneren Sinn, auf eine besondere die Vorstellungen erleuchtende Thätigkeit zurückführen. Vergl. FORTLAGE, System der Psychologie I, S. 57. J. H. FICHTE, Psychologie I, S. 83.

denn scheinen, als wenn dasselbe gar keine weitere Untersuchung zulasse, sondern zu jenen ursprünglichen Thatsachen gehöre, bei denen wir uns ohne weitere Nachfrage beruhigen müssen. Nichts desto weniger wäre dies irrig. Wie wir nämlich bei der Empfindung die Bedingungen feststellen konnten, unter denen sie vorkommt, sowie diejenigen, welche auf ihre wechselnde Beschaffenheit, ihre Intensität und Qualität, von Einfluss sind, so werden wir auch hier untersuchen können, unter welchen Bedingungen überhaupt Bewusstsein vorkommt, und unter welchen es in Bezug auf seinen Inhalt und Umfang bestimmten Veränderungen unterworfen ist.

Unbewusste Zustände und Vorgänge können wir uns nie anders als nach den Eigenschaften vorstellen, die sie im Bewusstsein annehmen. Die aus dem Bewusstsein getretene Vorstellung denken wir uns immer noch wie eine bewusste, die reine Empfindung in den zeitlichen und räumlichen Verbindungen, in die sie vom Bewusstsein gebracht wird. Dass von diesen Verbindungen abgesehen werden müsse, ist bloss ein Postulat, das wir nachträglich zufügen. So lassen sich denn überhaupt die Vorbedingungen des Bewusstseins psychologisch allein in der Form bewusster Zustände und Vorgänge vergegenwärtigen. Nur die eine Forderung lässt sich hinzudenken und muss hinzugedacht werden, dass ausserhalb des Bewusstseins die einzelnen psychischen Elemente nicht in den Zusammenhängen existiren, in welche erst das Bewusstsein sie bringt. Hiergegen kann man allerdings einwenden, dass die meisten psychischen Producte von zusammengesetzter Beschaffenheit vollkommen fertig in das Bewusstsein zu kommen scheinen. Werden wir uns doch jener Synthese, welche der Bildung aller Vorstellungen zu Grunde liegt, so wenig bewusst, dass erst die wissenschaftliche Analyse die Elemente derselben nachweisen kann. Ebenso sind uns gewisse Associationen der Vorstellungen so geläufig, dass es scheinen könnte, als wenn sie ohne Zuthun des Bewusstseins sich bildeten. Von diesem Gesichtspunkte aus hat denn auch die neuere Psychologie, so weit sie nicht der nativistischen Richtung huldigt, durchweg die Vorgänge bei den Sinneswahrnehmungen behandelt, indem sie dieselben als einen unbewussten Erkenntnissprocess auffasste[1]). In der That lässt sich nun die Möglichkeit nicht bestreiten, dass sowohl die Wahrnehmungen wie zahlreiche andere psychische Vorgänge in Urtheils- und Schlussprocesse aufgelöst werden können, die, weil sie nicht in unser Bewusstsein fallen, nothwendig als unbewusste logische Vorgänge betrachtet werden müssten[2]).

[1]) Vergl. Cap. XIV, S. 637 f.

[2]) Von der Sinneswahrnehmung ausgehend habe ich in meinen Vorlesungen über die Menschen- und Thierseele diese Betrachtungsweise auf das ganze Gebiet der innern Beobachtung auszudehnen gesucht.

Diesem Gesichtspunkte kommt ohne Zweifel insofern ein gewisser Werth zu, als er der Ueberzeugung, dass die Processe psychologischer Art sind oder eine psychologische Seite haben, einen kräftigen Ausdruck gibt. Die Formen der Logik bilden ein Gewand, in das jeder geistige Zusammenhang gekleidet werden kann. Wo sich daher ein Vorgang in die logische Form bringen lässt, da darf man wohl auch umgekehrt dies als einen Beweis ansehen, dass es ein geistiger Vorgang sei. Jene logische Einkleidungsweise ist so eine namentlich für populäre Zwecke sich empfehlende Art der Darstellung, weil dem gewöhnlichen Bewusstsein vor Allem das Logische als eine geistige Verbindung zu gelten pflegt. Da aber nur den logischen Formen diese Eigenschaft zukommt, so erhellt zugleich, wie gänzlich unberechtigt es ist, beliebige andere Thatsachen des Bewusstseins nun in ähnlicher Weise übertragen zu wollen, also z. B. mit SCHOPENHAUER von einem »unbewussten Willen« zu sprechen. Wir können den Willen, wie allen andern Inhalt unseres Bewusstseins, mit den logischen Formen in Verbindung bringen, indem wir die Motive desselben in Urtheile und Schlüsse kleiden. Aber der Wille selbst kann auf irgend andere bewusste oder unbewusste Vorgänge nicht übertragen werden, ohne seine wirklichen Eigenschaften völlig einzubüssen. Es gibt keine anderen Thatsachen, geeignet alle geistigen Zusammenhänge darzustellen, als die logischen, weil die Logik die Wissenschaft der geistigen Formen ist. Hierin liegt möglicher Weise noch eine tiefere metaphysische Bedeutung, für deren Erörterung aber hier nicht der Ort ist.

Für die psychologische Analyse kann jedoch in dem Factum, dass psychologische Processe in eine logische Form gebracht werden können, noch kein zureichender Grund liegen, sie auch in ihrem wirklichen Verlauf als logische Urtheile und Schlüsse anzusehen. Nicht einmal den bewussten Urtheilen und Schlüssen pflegt die von der Logik vorgeschriebene Form zuzukommen. Solches ist in der Regel nur da der Fall, wo wir mit Absicht einen schon gehabten Gedanken nachträglich in sein logisches Gewand kleiden. Dieser Process der nachträglichen logischen Gliederung unserer Gedanken ist ein deutliches Zeichen der wirklichen Bedeutung der Logik. Sie stellt ideale Normen für unser Denken auf, mittelst deren wir prüfen sollen, ob der Zusammenhang desselben Allgemeingültigkeit besitzt; aber den Verlauf des wirklichen Denkens beschreibt sie nicht. Man wird fragen, wie wir denn zu den logischen Normen kommen, wenn sie nicht aus der innern Erfahrung abstrahirt, also nicht in dieser vorhanden sind. Die Antwort hierauf liegt theilweise schon in der früher geführten Erörterung über die Entwicklung der Begriffe[1]). Der Begriff als logische Norm existirt nicht

---

[1]) Cap. XVI, S. 672 f.

in unserm Bewusstsein, sondern nur als allgemeine Vorstellung oder als besonderes Begriffszeichen, aber mit dem letzteren verbinden wir die Forderung es als Begriff zu denken. In gleicher Weise existiren Urtheile und Schlüsse für das ursprüngliche Bewusstsein nicht in der logischen Form. Dem Urtheil »der Baum ist grün« z. B. entspricht in der unmittelbaren Auffassung nur die Vorstellung, dass die eine Vorstellung »grün« in der andern »Baum« als Bestandtheil enthalten sei. Diese Verbindung von Vorstellungen ist uns in einem Acte gegenwärtig, und sie trennt sich erst in ein Urtheil, wenn wir ihr absichtlich diese Gestalt geben. Die ganze Anwendung logischer Formen nimmt aber ihren Ursprung aus jener Entwicklung der Begriffe, vermöge deren wir zu der Vorstellung eines Begriffszeichens zugleich das Postulat seiner abstracten Bedeutung hinzudenken. In dem Begriff Baum ist die Vorstellung des Grün ein nicht nothwendiger Bestandtheil; anderseits ist die Eigenschaft Grün zahlreichen andern Vorstellungen gemeinsam. Haben wir daher beide Begriffe erst gebildet, d. h. in uns das Wissen entwickelt, dass die Vorstellungen verbunden oder getrennt sein können, so macht ihre thatsächliche Vereinigung in einer einzelnen Vorstellung auch die Verbindung jener Begriffszeichen zu einem Satz oder Urtheil nöthig. Hieraus sieht man, wie innig die Bildung der logischen Formen an die Entwicklung der Sprache gebunden ist. Erst die allgemeine Bedeutung, welche den Begriffszeichen der Sprache beigelegt wurde, macht es erforderlich, für den Ausdruck einer concreten Vorstellung mehrere Begriffszeichen zu verbinden, um nun was die Vorstellung in einem Acte umfasst in mehrere im Denken verbundene Begriffe, das heisst in Urtheile, aus einander zu legen. Die psychologische Grundlage des Schlusses endlich ist die Vereinigung mehrerer Vorstellungen, von denen jede einzelne erst auf dem angezeigten Wege in ein Urtheil aufgelöst werden muss, um die Form des Schlusses zu erhalten. Dazu kommt, dass im gewöhnlichen Denken die Vorstellung, die bei der logischen Formulirung den Untersatz des Syllogismus bildet, durchweg übersprungen wird, so dass das Denken in der Regel nur in Obersätzen und Schlusssätzen oder vielmehr in den ihnen correspondirenden Vorstellungen sich bewegt. Hierbei gehen wir bald von der Vorstellung des Obersatzes zu der des Schlusssatzes, bald aber auch umgekehrt von dieser zu jener über, was als die psychologische Wurzel der Unterschiede des deductiven und inductiven Verfahrens betrachtet werden kann. Es ist nun aber nicht zu übersehen, dass in dem entwickelten Bewusstsein die Gewöhnung, mittelst der Begriffszeichen der Sprache zu denken, eine grössere Aehnlichkeit der psychologischen Vorgänge mit den logischen Normen hervorgebracht hat. Sobald wir sprechend denken, bedienen wir uns ganz und gar der Urtheils- und Schlussformen; nur die letzteren pflegen wir gemäss dem natürlichen Verlauf unserer Vor-

stellungen abzukürzen, indem wir die Untersätze hinweglassen. Ursprünglich bestehen die bewussten psychologischen Vorgänge einzig und allein aus den Vorstellungen und ihren durch äussere und innere Ursachen bewirkten Verbindungen. Auch noch im entwickelten Bewusstsein kann das Denken, sobald ihm der sprachliche Ausdruck verloren geht, diesen Verlauf nehmen. Indem dann aber Begriffe als Postulate des Denkens sich bilden, die durch eine einzelne Vorstellung nicht realisirt werden können, und indem die Ausdrücke der Sprache wesentlich in Zeichen für diese Begriffe sich umwandeln, werden für den Ausdruck concreter Erfahrungen Verbindungen der Begriffe und ihrer Zeichen erforderlich, welche Verbindungen auf ihre abstracte Form zurückgeführt die logischen Normen des Urtheils und des Schlusses abgeben. So sehen wir denn die letzteren erst aus den besonderen Gestaltungen des entwickelten, mit sprachlichem Ausdruck und abstracten Begriffen begabten Bewusstseins hervorgehen. Es kann daher nimmermehr daran gedacht werden, bei der ursprünglichen Thätigkeit der Bildung und der Reproduction der Vorstellungen von einem Urtheilen und Schliessen im eigentlichen Sinne zu reden, und ebenso wenig kann man das Wesen des Bewusstseins selbst auf die logischen Gesetze zurückführen [1]).

Es gibt vor allem zwei psychologische Vorgänge, welche wir, so weit unsere innere Erfahrung reicht, an das Bewusstsein gebunden sehen und daher ohne Zweifel als charakteristische Merkmale desselben betrachten dürfen: der eine ist die Bildung von Vorstellungen aus Sinneseindrücken, der andere das Gehen und Kommen der reproducirten Vorstellungen. Jede Vorstellung bietet sich uns als die Verbindung einer Mehrheit von Empfindungen dar. Jeden Klang stellen wir uns vor als dauernd in der Zeit, wir verbinden also die momentane Empfindung mit den ihr vorausgegangenen; jeder Farbe geben wir einen Ort im Raume, wir ordnen sie in eine Anzahl coexistirender Lichtempfindungen. Die *reine* Empfindung ist eine Abstraction, welche in unserm Bewusstsein nie vorkommt. Dieses besitzt *nur Vorstellungen*: die Empfindungen sind in ihm stets nach den allgemeinen Formen der Anschauung, der Zeit und des Raumes geordnet. Nichts

---

[1]) Aus der Gebundenheit des sprechenden Denkens an die Formen der Logik erklärt sich insbesondere auch die oben berührte Thatsache, dass die Verdeutlichung irgend welcher psychologischer Vorgänge fast unwillkürlich eine logische Einkleidung annimmt, wie unsere eigenen Erörterungen im vorigen Abschnitt, namentlich in Cap. XIV, vielfach zeigen. Vergl. z. B. die Besprechung der Perspective u. s. w. auf S. 610 f. Man darf dabei niemals vergessen, dass diese Einkleidungsweise, eben weil sie zunächst nur durch die sprachliche Form der Erklärung herbeigeführt wird, über die Form der Processe selber nicht entscheidet.

desto weniger werden wir durch eine überwältigende Zahl psychologischer Thatsachen, die im vorigen Abschnitt erörtert worden sind, genöthigt, die Existenz der reinen Empfindung vorauszusetzen, und anzunehmen, dass sich überall die Vorstellungen durch eine psychologische Synthese aus den Empfindungen bilden. Anderseits würde es aber durch nichts gerechtfertigt sein, nicht nur den Process jener Synthese, sondern auch ihr Product, die Ordnung in der Zeit- und Raumform, bereits in eine unbewusste Existenz der Seele zu verlegen. Somit kommen wir zu dem Resultat, dass das Bewusstsein der Vorstellungen gerade in jenem Act der Synthese besteht, welcher die Empfindungen in die zeitliche und räumliche Form bringt. Da nun aber sehr verschiedene Stufen einer solchen Ordnung existiren können, so werden wir damit auch von vornherein auf die Möglichkeit verschiedener Stufen oder Grade des Bewusstseins hingewiesen. Das Kommen und Gehen der reproducirten Vorstellungen gibt sich uns unmittelbar als eine Verbindung zu erkennen, die auf innern oder äussern Beziehungen der Vorstellungen beruht. Wir nennen diese Verbindung die Association der Vorstellungen. So lange eine früher gehabte Vorstellung nicht reproducirt wird, also unbewusst bleibt, ist sie als eine Disposition zum Vorstellen vorhanden, welche auf einer physiologischen Disposition in den Centraltheilen beruht, früher stattgehabte Erregungsvorgänge bei gegebenen Anlässen zu erneuern [1]. Den zur Reproduction bereit liegenden unbewussten Vorstellungen ein wirkliches inneres Dasein, abgesehen von jener physiologischen Disposition, zuzuschreiben, ist durch nichts gefordert und hat bei der enormen Zahl von Vorstellungen, die man in einer Seele und in einem Centralorgan neben einander annehmen müsste, nicht die geringste Wahrscheinlichkeit. Wir werden also voraussetzen, dass die reproducirten Vorstellungen durch gewisse innere Reize, ebenso wie die neu erweckten Vorstellungen durch die äusseren Sinnesreize, erst sich bilden [2]. Daraus folgt aber, dass die Verbindung der Vorstellungen, welche sich in den Associationsgesetzen zu erkennen gibt, im Bewusstsein geschehen muss. Hiermit stimmt denn auch die Thatsache überein, dass wir die Associationsgesetze desshalb aus der innern Erfahrung abstrahiren können, weil die Wirkung, welche eine früher gehabte Vorstellung wieder erneuert, jedesmal von einer schon im Bewusstsein vorhandenen ausgeht. Nun muss man die Reproduction der Vorstellungen und ihre Association als eine ebenso unerlässliche Bedingung für das Bewusstsein ansehen, wie die Bildung der einzelnen Vorstellungen durch die Synthese der Empfindungen. Denn erst durch jene Vorgänge kann

[1] Vergl. Cap. XIX.
[2] Vergl. Cap. XV.

sich das Bewusstsein als ein bei allem Wechsel der Vorstellungen gleich bleibendes erfassen, indem ihm eben dieser Wechsel als eine verbindende Thätigkeit inne wird, die es zwischen gegenwärtigen und früheren Vorstellungen ausübt. So ergibt sich auch von dieser Seite als Bedingung des Bewusstseins ein nach Gesetzen geordneter Zusammenhang der Vorstellungen.

Die Synthese der Empfindungen sehen wir überall an bestimmte Verhältnisse der physischen Organisation gebunden. Wo durch diese die Möglichkeit einer Verbindung von Sinneseindrücken gegeben ist, da werden wir auch die Möglichkeit eines gewissen Grades von Bewusstsein nicht bestreiten können. In der That zeigt die Beobachtung der niederen Thierwelt, dass verhältnissmässig sehr einfache Verbindungen nervöser Elementartheile offenbar hinreichen, um Aeusserungen eines Bewusstseins möglich zu machen, das freilich zuweilen kaum weiter als bis zur Bildung einer kleinen Anzahl sehr einfacher Vorstellungen gehen dürfte, die mit den physischen Lebensbedürfnissen zusammenhängen. Wer also erst in die Entwicklung eines Ich das Kriterium des Bewusstseins verlegt, der wird ein solches hier allerdings nicht statuiren können; ihm wird überhaupt kaum etwas anderes übrig bleiben, als dasselbe für eine specifisch menschliche Fähigkeit zu erklären. Sieht man aber ein Merkmal des Bewusstseins darin, dass ein Wesen auf Eindrücke anscheinend in ähnlicher Weise reagirt wie der Mensch, falls in diesem solche Eindrücke zu bewussten Vorstellungen werden, dann wird man auch das Gebiet des Bewusstseins so weit ausdehnen müssen, als ein Nervensystem als Mittelpunkt von Sinnes- und Bewegungsapparaten zu finden ist[1]. Einen Irrthum, der sich an diese Betrachtungsweise leicht anknüpft, müssen wir jedoch zurückweisen. Da bei Wirbellosen einige Ganglienknoten als Centralorgane des ganzen Nervensystems zureichen, um die erforderlichen Zusammenhänge verschiedener Empfindungen herzustellen, so scheint es eine nahe liegende Folgerung, auch in einem höheren Wirbelthier oder im Menschen könnten möglicher Weise neben dem Centralbewusstsein noch mehrere Bewusstseinsstufen niedereren Grades in subordinirten Organen, wie in den Hirnhügeln, dem Rückenmark, den Ganglien des Sympathicus, existiren. Hier ist aber zu erwägen, dass alle Theile des Nervensystems in einem durchgehenden Zusammenhange stehen. Das individuelle Bewusstsein ist nun von diesem ganzen Zusammenhang abhängig; der Zustand desselben wird von den Eindrücken auf die verschiedensten Sinnesnerven, von motorischen Innervationen und sogar von Einwirkungen inner-

[1] Vergl. Cap. I. Ueber das Verhältniss der bewussten zu den mechanisch bedingten thierischen Bewegungen, die beide unrechtmässiger Weise einander gegenübergestellt werden, obgleich sie nicht entfernt einen Gegensatz bilden, vergl. Cap. XXI.

halb des sympathischen Systems gleichzeitig bestimmt. Es ist aber immer das nämliche Bewusstsein, welchen Gebieten auch die Vorstellungen angehören mögen, die in einem gegebenen Moment in ihm vorhanden sind. Die physiologische Grundlage dieser Einheit des Bewusstseins ist der Zusammenhang des ganzen Nervensystems, daher auch verschiedene einander co- oder subordinirte Arten von Bewusstsein innerhalb desselben unmöglich angenommen werden können. Anderseits wird es ebenso unzulässig sein, ein bestimmtes Organ des Bewusstseins vorauszusetzen, wenigstens nicht in dem gewöhnlich angenommenen Sinne. Denn unsere Vorstellungen und Gefühle können von den verschiedensten Punkten aus beeinflusst werden. Allerdings zeigt die Untersuchung des Nervensystems der höheren Thiere, dass es hier ein Gebiet gibt, welches sehr wahrscheinlich in näherer Beziehung zum Bewusstsein steht als die übrigen Theile, nämlich die Grosshirnrinde, da in ihr, wie es scheint, nicht nur die verschiedenen sensorischen und motorischen Provinzen der Körperperipherie, sondern auch jene Verbindungen niedrigerer Ordnung, welche in den Hirnganglien, dem Kleinhirn u. s. w. stattfinden, durch besondere Fasern vertreten sind[1]. Die Grosshirnrinde eignet sich also ganz besonders dazu, alle Vorgänge im Körper, durch welche bewusste Vorstellungen erregt werden können, theils unmittelbar theils mittelbar in Zusammenhang zu bringen. Nur in diesem Sinne ist beim Menschen, und wahrscheinlich bei allen Wirbelthieren, die Grosshirnrinde Organ des Bewusstseins, wobei man aber niemals vergessen darf, dass die Function dieses Organs diejenige gewisser ihm untergeordneter Centraltheile, wie, z. B. der Vier- und Sehhügel, die bei der Synthese der Empfindungen eine ganz unerlässliche Aufgabe erfüllen, voraussetzt.

Anders steht es mit der Frage, ob nicht niedrigere Centraltheile, wenn die höheren von ihnen getrennt werden, nun für sich einen gewissen Grad von Bewusstsein entwickeln können. Diese Frage ist mit der vorhin erörterten keineswegs einerlei. Das Rückenmark z. B. könnte, so lange es in Verbindung mit dem Gehirn steht, sehr wohl als ein bloss untergeordnetes Hülfsorgan des Bewusstseins functioniren, da der ganze Zusammenhang der Empfindungen, der das Bewusstsein ausmacht, erst im Gehirn sein organisches Substrat findet; und doch könnte, wenn das Gehirn getrennt ist, in dem Rückenmark ein niederes Bewusstsein sich ausbilden, welches jenem beschränkteren Zusammenhang von Vorgängen entspräche, der durch dieses Centralorgan vermittelt wird. In der That muss nun nicht bloss die Möglichkeit eines solchen Verhaltens zugegeben werden, sondern verschiedene Erscheinungen, die wir theils schon kennen gelernt haben,

[1] Vergl. S. 164 f.

theils später schildern werden [1], sprechen auch für sein wirkliches Vorkommen. Es ist aber dabei zweierlei zu beachten. Erstens ist ein solches Bewusstsein eines niedrigeren, von seinen höheren Verbindungen getrennten Centraltheils nicht ein zurückbleibendes sondern ein sich ausbildendes, welches demnach eine allmälige Vervollkommnung erfahren wird, wie dies auch die Beobachtung der enthaupteten Frösche, der Vögel und Kaninchen mit über den Hirnganglien abgetragenen Hirnlappen bestätigt. Zweitens wird ein Centralorgan, welches vermöge der ganzen Organisation eines Wesens von Anfang an auf selbständigere Function gestellt ist, natürlich in ganz anderer Weise Träger eines Bewusstseins werden können, als ein in vielfacher Beziehung und Abhängigkeit stehendes, wenn auch sonst morphologisch verwandtes. Man wird also z. B. das Rückenmark des Amphioxus (S. 46) mit dem des Frosches oder dieses mit dem des Menschen nicht ohne weiteres in Parallele bringen dürfen; und noch verkehrter wäre es, wenn man nach der Complication des Baues die Fähigkeit eines Organs, in sich ein Bewusstsein zu entwickeln, beurtheilen wollte. Die Complication des Baues ist ja gerade bei den niedrigeren Centralgebilden zum grossen Theil durch ihre vielfachen Verbindungen mit höheren Nervencentren veranlasst. So wird es begreiflich, dass mit Vervollkommnung der Organisation die Fähigkeit dieser Centraltheile, ein selbständiges Bewusstsein in sich auszubilden, offenbar immer mehr abnimmt, und dass ein solches Bewusstsein, welches durch die Zerstückelung des Nervensystems gewissermassen erst entstanden ist, wenigstens bei Wirbelthieren nicht einmal entfernt die Stufe des niedersten Bewusstseins erreicht, das bei unversehrter Organisation überhaupt vorkommt. Anders ist dies bei vielen Wirbellosen, bei denen die künstliche Theilung zuweilen einer natürlichen Fortpflanzung durch Theilung äquivalent wird.

Indem das Bewusstsein eines lebenden Wesens, so lange die Verbindung seiner Organe erhalten bleibt, nur ein einziges ist, äussert es sich psychologisch in einem einheitlichen Zusammenhang der in dem Individuum wirksamen psychischen Elemente. Mehrere Vorstellungen, welche gleichzeitig stattfinden, vereinigen sich daher zu einem Vorstellen, und das gegenwärtige Vorstellen bleibt mit dem in der Zeit vorangegangenen und nachfolgenden in stetiger Verbindung. Aber zugleich trennt sich in dem Wechsel des Vorstellens die eine Vorstellung von der andern. So entspringt jene unterscheidende Thätigkeit des Bewusstseins, welche allerdings eine wesentliche Aeusserung desselben, nicht aber, wie man gemeint hat, sein Wesen selbst ist. Unter den einzelnen Vorstellungen treten diejenigen, die durch den Zwang der äussern Eindrücke sich aufdrängen, ohne dabei

[1] Cap. V und XXI.

in ihrem Wechsel den Gesetzen der Association unterworfen zu sein, dem innerlichen Verlauf der Erinnerungsbilder gegenüber, welche überdies durch die geringere Stärke der Empfindung sich unterscheiden. Jene äusseren Eindrücke trennen sich wieder in solche, die, von der Wechselwirkung mit äussern Objecten herrührend, in veränderlicher Weise kommen und gehen, und in andere, die, an die Zustände des eigenen Leibes gebunden, zu den constanteren subjectiven Empfindungen Anlass geben. Unter den letzteren spielen die Bewegungsempfindungen eine grosse Rolle. Abhängend von der willkürlichen motorischen Innervation werden sie vorzugsweise als ein bei dem sonstigen Wandel der Eindrücke Bleibendes erfasst, das dem Bewusstsein als solchem eigen ist, nicht erst durch eine fremde Gewalt ihm geboten wird. So treten die Bewegungsempfindungen, denen andere constante Gemeingefühle sich zugesellen, in Verbindung mit den Vorgängen der Association und Reproduction, welche als ein dem Bewusstsein selbst zugehöriges, von dem Wechsel der äussern Reize unabhängiges Geschehen wahrgenommen werden. Es entwickelt sich das Selbstbewusstsein. Die Hauptgrundlage desselben bilden ursprünglich wohl die Bewegungsempfindungen und das Gemeingefühl; bei den Thieren dürfte es sich schwerlich je über diese Stufe erheben. Daran knüpft sich dann, zuerst wahrscheinlich nur in sehr undeutlicher Weise, jene Vorstellung des innern Geschehens, welche in der höheren menschlichen Entwicklung den Mittelpunkt des ganzen Bewusstseins bildet, uns veranlasst eine Seele als Wesen, dem dieses innere Geschehen eigen ist, anzunehmen, und unser Ich der äusseren Welt gegenüberzustellen. Die Vorstellung von unserm eigenen Vorstellen, in welcher das menschliche Selbstbewusstsein wurzelt, ist aber in Wahrheit nicht eigentlich eine Vorstellung sondern ein Begriff. Der Totaleindruck des innern Geschehens kann nie in eine Vorstellung gebracht werden, die ihm wirklich entspräche. Indem wir das Bewusstsein als Zusammenhang aller Vorstellungen erfassen, bildet sich das Postulat, es solle nun diese verbindende Thätigkeit selbst vorgestellt werden. Dem kann aber im wirklichen Vorstellen nicht entsprochen werden, sondern wir vermögen höchstens ein Begriffszeichen zu setzen, wie z. B. das Wort »Vorstellen«, an das nun der ganz abstracte Gedanke jener zusammenfassenden Thätigkeit gebunden wird. Sobald wir diesen Begriff in die Vorstellung übersetzen, also ein wirkliches Vorstellen des Vorstellens annehmen, so fingiren wir eigentlich ausserhalb unseres wirklichen Bewusstseins noch einmal ein zweites Bewusstsein, welches jenes erste zum Gegenstand seiner Vorstellung nimmt. Dann hindert natürlich nichts, weiterhin noch ein drittes Bewusstsein zu setzen, welches dieses zweite zu seinem Object hat, u. s. f. So kam man in der That dazu, von einem Vorstellen der Vorstellung des Vorstellens zu reden, in der Meinung mit solchen

Künsten hinter die metaphysische Natur des Bewusstseins und des Ich zu dringen [1]).

In jener ganzen Thätigkeit des Bewusstseins, durch welche die einzelnen Objecte desselben von einander geschieden werden, liegt ein analysirendes Verfahren. Aber neben demselben her geht nicht nur der Process der Synthese der Empfindungen zu Vorstellungen, sondern auch die letzteren werden wieder in zusammengehörige Gruppen geordnet, und schliesslich wird sogar die Gesammtheit der Vorstellungen als zu einem Vorstellen gehörig zusammengefasst. Die Wahrheit ist also, dass im Bewusstsein Synthese und Analyse neben einander wirksam sind, daher es auch durch keine dieser Verfahrungsweisen vollständig definirt werden kann. Aber das ursprünglichere in ihm ist die Synthese, die zusammenfassende Ordnung der Empfindungen und Vorstellungen in den Formen der Zeit und des Raumes. Daran erst kann die Trennung der einzelnen in Zeit und Raum zusammengehörigen Objecte sich anschliessen, weil eine solche Trennung die vorangegangene Verbindung voraussetzt. In der erfahrungsmässigen Entwicklung des Bewusstseins gibt sich dies überall kund. Der kindlichen Vorstellung fliessen stets zahlreiche Einzelheiten in ein ungeschiedenes Ganze zusammen, das Haus mit der Strasse, das Zimmer mit seinem Mobiliar u. s. w., wie deutlich die Verwirrung der Vorstellungen zeigt, die eintritt, sobald die gewohnte Ordnung gestört wird.

Indem das Bewusstsein in der Synthese der Empfindungen und in der Association der Vorstellungen sich selbst als ein thätiges erfasst, entsteht jene Aeusserung desselben, welche wir Aufmerksamkeit nennen. In der unmittelbaren Selbstauffassung gibt sie sich dadurch zu erkennen, dass das Bewusstsein den Zusammenhang der Vorstellungen, auf den es sich bezieht, keineswegs zu jeder Zeit in gleicher Weise gegenwärtig hat, sondern dass es bestimmten Vorstellungen in höherem Grade zugewandt ist als anderen. Diese Eigenschaft lässt sich durch die Vergleichung mit dem Blickfeld des Auges einigermassen verdeutlichen, indem man dabei von jener bildlichen Ausdrucksweise Gebrauch macht, welche das Bewusstsein ein inneres Sehen nennt. Sagen wir von den in einem gegebenen Moment gegenwärtigen Vorstellungen, sie befänden sich im Blickfeld des Bewusstseins, so kann man denjenigen Theil des letzteren, welchem die Aufmerksamkeit zugekehrt ist, als den inneren Blickpunkt bezeichnen. Den Eintritt einer Vorstellung in das innere Blickfeld wollen wir

---

[1]) Herbart, Psychologie als Wissenschaft. Werke Bd. 5. S. 267 f.

die **Perception**, ihren Eintritt in den Blickpunkt die **Apperception** nennen [1]).

Der innere Blickpunkt kann sich nun successiv den verschiedenen Theilen des inneren Blickfeldes zuwenden. Zugleich kann er sich jedoch, sehr verschieden von dem Blickpunkt des äusseren Auges, abwechselnd verengern und erweitern, wobei immer seine Helligkeit abwechselnd zu- und abnimmt. Streng genommen ist er also kein Punkt, sondern ein Feld von etwas veränderlicher Ausdehnung. Soll die möglichst deutliche Auffassung stattfinden, so muss er sich auf eine einzige Vorstellung beschränken. Je enger und heller aber der Blickpunkt ist, in um so grösserem Dunkel befindet sich das übrige Blickfeld. Am unmittelbarsten lassen sich diese Eigenschaften nachweisen, wenn man das äussere Sehfeld des Auges zum Gegenstand der Beobachtung nimmt, wo durch das Hülfsmittel der instantanen elektrischen Erleuchtung die Beobachtung auf Vorstellungen eingeschränkt werden kann, die während einer sehr kurzen Zeit nur dem Bewusstsein gegeben sind. Dabei wird der Blickpunkt des Sehfeldes vermöge seiner schärferen Empfindung auch vorzugsweise zum Blickpunkt des Bewusstseins gewählt. Doch lässt sich leicht die abwechselnde Verengerung und Erweiterung des letzteren bemerken. Von einer Druckschrift z. B. kann man, wenn es sich nur darum handelt dieselbe zu lesen, mehrere Wörter auf einmal erkennen. Will man dagegen die genaue Form eines einzelnen Buchstabens erfassen, so treten schon die übrigen Buchstaben desselben Wortes in ein Halbdunkel. Durch willkürliche Lenkung der Aufmerksamkeit gelingt es übrigens, wie HELMHOLTZ [2]) bemerkt hat, auch auf indirect gesehene Theile des Objectes den Blickpunkt der Aufmerksamkeit zu verlegen; in diesem Fall wird das direct Gesehene verdunkelt. Complicirtere Formen erfassen wir immer erst nach mehreren momentanen Erleuchtungen, bei deren jeder sich in der Regel der äussere und der innere Blickpunkt einem andern Theile des Sehfeldes zuwenden. Man kann aber auch willkürlich den äusseren Blickpunkt festhalten und bloss den inneren über das Object wandern lassen. Bei diesem Versuch stellt sich

---

[1]) LEIBNIZ, der den Begriff der Apperception in die Philosophie einführte, versteht darunter den Eintritt der Perception in das Selbstbewusstsein. (Opera philosophica ed. ERDMANN p. 715.) Menti tribuitur apperceptio, wie WOLFF es ausdrückt, quatenus perceptionis suae sibi conscia est (Psychologia empir. § 25). Da sich aber entschieden das Bedürfniss geltend macht, neben dem einfachen Bewusstwerden der Vorstellung, der Perception, die Erfassung derselben durch die Aufmerksamkeit mit einem besonderen Namen zu belegen, so sei es mir gestattet, den Ausdruck »Apperception« in diesem erweiterten Sinne zu gebrauchen. Die Selbstauffassung ist nämlich immer auch Erfassung durch die Aufmerksamkeit, die letztere ist aber nicht nothwendig auch Selbstauffassung. Schon HERBART hat die Nöthigung empfunden, den Begriff der Apperception zu verändern, aber in einer Weise, der wir uns hier nicht anschliessen können. Vergl. darüber den Schluss von Cap. XIX.

[2]) Physiologische Optik S. 741.

dann die weitere Eigenschaft desselben heraus, dass mit zunehmender Dauer oder öfterer Wiederholung der Eindrücke seine Ausdehnung wächst. ohne dass, wie bei der wechselnden Auffassung momentaner Reize, seine Helligkeit in entsprechendem Maasse vermindert wird. An Gehöreindrücken lassen sich im allgemeinen die nämlichen Verhältnisse darlegen. Es eignen sich dazu vorzugsweise harmonische Zusammenklänge. Auch hier kann der Blickpunkt des Bewusstseins von einem Klang zum andern übergehen, sich erweitern und verengern, und mit wachsender Dauer des Eindrucks wächst die Zahl der Töne, die gleichzeitig deutlich wahrgenommen werden können.

Die Auffassung disparater Eindrücke wird von den gleichen Gesetzen der Aufmerksamkeit beherrscht. Hierbei gilt aber ausserdem die Regel, dass die gleichzeitig in den Blickpunkt des Bewusstseins tretenden Einzelvorstellungen immer Bestandtheile einer complexen Vorstellung bilden. Wenn man z. B. den Gang eines vor einer Scala geräuschlos schwingenden Pendels verfolgt und gleichzeitig in regelmässigen Intervallen durch eine ganz andere Vorrichtung einen Schall entstehen lässt, so gelingt es unter Umständen mit der Vorstellung eines bestimmten Pendelstandes die des gleichzeitig gehörten Schalls zu verbinden. Man bringt dann den letzteren in unmittelbare Verbindung mit dem Gesichtsbilde, ist aber nicht im Stande gleichzeitig mit dem Pendel etwa das Bild des auf eine Glocke herabfallenden Hammers, der den Schall hervorbringt, in den Blickpunkt des Bewusstseins zu verlegen. Wir vereinigen also auch dann gleichzeitig erfasste disparate Einzelvorstellungen zu einer Complexion, wenn dieselben in Wirklichkeit von verschiedenen äusseren Objecten herrühren. Dieser Verschiedenheit werden wir uns erst bewusst, indem wir den inneren Blickpunkt vom einen zum andern Objecte wandern lassen[1]).

Während nach den obigen Erfahrungen bei einem momentanen Eindruck das Product $e \cdot h$ der Ausdehnung e und der Helligkeit h des inneren Blickpunktes, einen unveränderten Zustand des Bewusstseins vorausgesetzt, einer constanten Grösse gleich zu kommen scheint, nimmt bei wiederholter momentaner Auffassung des nämlichen Objectes der Werth jenes Productes anfangs wahrscheinlich rascher, und dann immer langsamer zu, wobei er einer gewissen Grenze sich nähert. Es ist also zu vermuthen, dass durch eine ähnliche Curve, wie sie das Anwachsen der Empfindung bei wachsendem Reize versinnlicht (Fig. 69 S. 307), auch die Zunahme des Productes $e \cdot h$ mit der Zeitdauer der Vorstellung dargestellt werden könne. Die Strecke $x\ a$ würde dabei jener kleinsten Zeitdauer entsprechen, welche die Vorstellung überhaupt bedarf, um auf das Bewusstsein zu wirken. Dieser Grenzwerth $x\ a$, den wir die Zeitschwelle der Vorstellung nennen können, nimmt zu bei der Verminderung und ab bei der Steigerung des Eindrucks. Im ersteren Fall erhebt sich ohne Zweifel zugleich der über der Abscissenlinie gelegene Theil der Curve

[1]) Siehe Cap. XIX.

langsamer, weil die Aufmerksamkeit immer längere Zeit braucht, um das Maximum des Werthes von $e \cdot h$ zu erreichen. Wenn die einfache Beziehung der Extension e und der Helligkeit h des inneren Blickpunktes durch die Gleichung $e \cdot h = k$ festgehalten werden kann, wo k für eine bestimmte Stärke des Reizes und für eine gegebene Dauer seiner Einwirkung constant ist, so lässt sich die Abhängigkeit des Werthes k von der Zeitdauer t des Eindrucks durch eine weitere Gleichung ausdrücken. Nehmen wir an, diese Abhängigkeit werde durch die Curve in Fig. 69 wirklich dargestellt, so würde dem nach S. 307 die Gleichung entsprechen

$$k = K \text{ (log. nat. } t \text{ — log. nat. } T\text{)},$$

worin T die Zeitschwelle der Vorstellung und K eine neue Constante bedeutet.

Die Einflüsse, welche die Apperception lenken, sind theils äussere theils innere. Stärke der Eindrücke, Fixation der Gesichtsobjecte, Bewegung der Augen längs der begrenzenden Contouren stehen hier in erster Linie. Aus einer Summe gleichzeitiger Eindrücke treten vorzugsweise solche in den Blickpunkt des Bewusstseins, die kurz zuvor gesondert zur Vorstellung gelangt waren. So hören wir aus einem Zusammenklang einen vorher für sich angegebenen Ton besonders deutlich. Auf dieselbe Weise überzeugen wir uns von der Existenz der Obertöne und Combinationstöne. Wegen der Schwäche dieser Theiltöne vermögen wir in der Regel nicht mehr als einen einzigen auf einmal deutlich zu hören, gemäss dem Gesetze, dass der Blickpunkt des Bewusstseins um so enger ist, zu je grösserer Intensität die Aufmerksamkeit gesteigert wird. Man sieht hierbei zugleich, dass der Grad der Apperception nicht nach der Stärke des äusseren Eindrucks, sondern nur nach der subjectiven Thätigkeit zu bemessen ist, durch welche sich das Bewusstsein einem bestimmten Sinnesreiz zuwendet.

Dies führt uns unmittelbar auf die inneren Bedingungen der Aufmerksamkeit. Gehen wir von der zuletzt besprochenen Beobachtung aus, so kann das geübte Ohr einen schwachen Theilton eines Klanges bekanntlich auch dann wahrnehmen, wenn derselbe ihm nicht zuvor als gesonderter Eindruck gegeben wurde. Bei näherer Beobachtung findet man aber stets, dass man sich in diesem Fall zunächst das Erinnerungsbild des zu hörenden Tones zurückruft und ihn dann erst aus dem ganzen Klang heraushört. Aehnliches bemerken wir bei schwachen oder schnell vorübergehenden Gesichtseindrücken. Beleuchtet man eine Zeichnung mit schwachen elektrischen Funken, die in längeren Zeiträumen auf einander folgen, so erkennt man nach dem ersten und manchmal auch nach dem zweiten und dritten Funken fast gar nichts. Aber das undeutliche Bild hält man im Gedächtnisse fest; jede folgende Erleuchtung vervollständigt dasselbe, und so gelingt allmälig eine klare Auffassung. Das nächste Motiv zu dieser innern Thätigkeit geht meistens von dem äussern Eindruck selbst aus. Wir hören einen Klang, in welchem wir vermöge gewisser Associationen einen bestimmten

Oberton vermuthen; nun erst vergegenwärtigen wir uns denselben im Erinnerungsbilde und merken ihn dann auch alsbald aus dem gehörten Klang heraus. Oder wir sehen irgend eine aus früherer Erfahrung bekannte Mineralsubstanz; der Eindruck weckt das Erinnerungsbild, welches wieder mehr oder weniger vollständig mit dem unmittelbaren Eindruck verschmilzt. Die innere Beobachtung scheint es zweifellos zu machen, dass überall wo überhaupt die Aufmerksamkeit sich zeigt eine solche subjective Thätigkeit im Spiele ist. Jede Vorstellung bedarf einer gewissen Zeit, um zum Blickpunkt des Bewusstseins hindurchzudringen. Während dessen finden wir stets in uns das eigenthümliche Gefühl des Aufmerkens. Dasselbe ist um so lebhafter, je mehr der Blickpunkt des Bewusstseins sich concentrirt, und es pflegt in diesem Falle noch fortzudauern, auch nachdem die Vorstellung vollkommen klar vor dem Bewusstsein steht. In seinem vorbereitenden Stadium wird es am deutlichsten im Zustande des Besinnens oder der Spannung auf einen erwarteten Eindruck erfasst. Näher schildern lässt es sich kaum; doch kann man zweierlei an demselben bemerken. Erstens sind wir uns im Zustand aufmerksamer Spannung, sobald wir über denselben reflectiren, sehr bestimmt unserer eigenen inneren Thätigkeit bewusst. Wir empfinden das Aufmerken als etwas das von uns selbst ausgeht, wenn wir auch deutlich den Eindruck, der unsere Aufmersamkeit auf sich lenkt, als einen äusseren vorstellen. Hierdurch tritt dieser Zustand in die nächste Verbindung mit jenem, welcher der willkürlichen Bewegung vorausgeht. Im allgemeinen erscheint uns daher auch die Aufmerksamkeit als eine unter der Herrschaft des Willens stehende Thätigkeit. Wenn man trotzdem noch einmal die willkürliche der unwillkürlichen Aufmerksamkeit gegenüber zu stellen pflegt, so hat solche Unterscheidung ganz äusserliche Gründe. Wenn wir vermöge bestimmter Associationen der Vorstellungen den Blick nach einer gewissen Richtung wenden, um ein dort erwartetes Object zu erkennen, oder auch, wenn wir uns ein rein innerliches Bild nach bekannten Motiven der Association vergegenwärtigen, so nennen wir dies willkürliche Aufmerksamkeit. Wenn dagegen ein unerwarteter Lichteindruck unsern Blick fesselt, oder eine unerwartete Vorstellung sich reproducirt, so reden wir von unwillkürlicher Aufmerksamkeit. Aber die Aufmerksamkeit selber ist dabei immer eine und dieselbe, und jene Unterscheidung entspringt eigentlich erst in der Reflexion über ihre Motive.

Eine zweite Erscheinung, die wir namentlich bei intensivem Aufmerken deutlich beobachten, ist die Verbindung dieses Zustandes mit sinnlichen Gefühlen. Fechner, der hierauf schon hinwies, hebt hervor, dass wir beim Aufmerken auf äussere Sinneseindrücke in den betreffenden Sinnesorganen, also in den Ohren beim Hören, in den Augen beim Sehen, ein Spannungsgefühl wahrnehmen; der Ausdruck gespannte Aufmerksamkeit ist wohl

selbst diesem Gefühl entnommen. Bei dem Besinnen auf Erinnerungsbilder zieht sich dasselbe auf die das Gehirn umschliessenden Theile des Kopfes zurück[1]. Ohne Zweifel ist dieses Spannungsgefühl in beiden Fällen ein Innervationsgefühl willkürlicher Muskeln, welches von einer wirklichen Spannung der Muskeln und in Folge dessen nebenbei von Tastempfindungen begleitet wird. Wenn äussere Eindrücke von bekannter Beschaffenheit erwartet werden, so ist ausserdem das sinnliche Gefühl des Aufmerkens deutlich von der Stärke derselben abhängig.

Diese Erscheinungen zeigen, dass eine Anpassung der Aufmerksamkeit an den Eindruck stattfindet. Die Ueberraschung, welche uns unerwartete Reize bereiten, entspringt wesentlich daraus, dass bei ihnen die Aufmerksamkeit im Moment, wo der Eindruck stattfindet, demselben noch nicht accommodirt ist. Die Anpassung selbst ist aber eine doppelte: sie bezieht sich sowohl auf die Qualität wie auf die Intensität der Reize. Verschiedenartige Sinneseindrücke bedürfen abweichender Anpassungen. Ebenso bemerken wir, wie der Grad des Spannungsgefühls gleichen Schritt hält mit der Stärke der Eindrücke, deren Apperception wir vollziehen. Von der Genauigkeit dieser Anpassung hängt die Schärfe der Apperception ab, die von der Stärke der Empfindungen und Vorstellungen ganz und gar unabhängig ist, abgesehen davon, dass es eine untere und eine obere Grenze gibt, über welche die Anpassung nicht hinausgehen kann. Die Apperception ist scharf, wenn die Spannung der Aufmerksamkeit der Stärke des Eindrucks genau entspricht; sie ist stumpf im entgegengesetzten Falle. Die Klarheit einer Vorstellung wird nun gleichzeitig durch ihre Stärke und durch die Schärfe ihrer Apperception bedingt. Eine klare Vorstellung muss nämlich stark genug sein, um eine deutliche Auffassung zuzulassen, und gleichzeitig muss eine möglichst vollständige Anpassung der Aufmerksamkeit stattfinden. Die Begriffe der Schärfe und Klarheit sind also, wie sie ursprünglich der äusseren Sinnesempfindung entnommen sind, so auch in der nämlichen Bedeutung anzuwenden wie dort. Wir sehen aber scharf, wenn unser Auge für den Lichteindruck gut adaptirt ist; wir sehen klar, wenn zu der richtigen Einstellung auch noch die zureichende Stärke des Lichtes kommt. Die Anpassung der Aufmerksamkeit muss übrigens ebenso die Apperception der in uns erzeugten Erinnerungsbilder vermitteln, wie dies auch die Spannungsgefühle verrathen, welche das Besinnen auf solche begleiten. Bei der Auffassung äusserer Reize werden mit dem Centralorgan gleichzeitig Auge und Ohr adaptirt, und wahrscheinlich vollzieht sich die Innervation, welche beide Anpassungen bewirkt, als ein vollkommen ungetheilter Vorgang. Als den Heerd dieser Innervation werden wir aber

---

[1] Fechner, Elemente der Psychophysik. II. S. 475.

jene Rindengebiete des Vorderhirns ansehen dürfen, von denen die Impulse des Willens bei den Bewegungen ausgehen [1]).

Die bei der Erweckung der Aufmerksamkeit stattfindenden Vorgänge sind demnach im allgemeinen folgendermaassen zu denken. Der erste Anstoss erfolgt immer entweder durch eine äussere physiologische oder durch eine innere psychische Reizung. Eine solche Reizung hat zunächst eine Vorstellung zur Folge, ein Anschauungs- oder ein Phantasiebild, welches aber vorläufig noch ausserhalb des inneren Blickpunktes liegt. Jede sensorische Reizung wird nun stets zugleich auf die Centralgebiete der willkürlichen Innervation übertragen, von denen aus sie, wie wir annehmen müssen, auf doppeltem Wege weiter geleitet werden kann: erstens nach den sensorischen Gebieten zurück, indem sich dadurch die Vorstellung verstärkt; und zweitens auf das Gebiet der willkürlichen Muskulatur, wodurch jene Muskelspannungen auftreten, die das Gefühl der Aufmerksamkeit bilden helfen und ihrerseits auf die letztere verstärkend zurückwirken, gemäss dem Gesetze, dass associirte Gefühle sich unterstützen. In der vorwiegenden Rückwirkung auf die empfindenden Theile, von denen ursprünglich der Process ausging, besteht wesentlich der Unterschied der Aufmerksamkeit von der willkürlichen Bewegung, bei der die centrale Reizung ihre Hauptrichtung nach den Muskeln nimmt, die bei der Aufmerksamkeit nur in untergeordneter Mitbewegung begriffen sind. Vielfach sind aber natürlich beide Processe mit einander verbunden, indem die willkürlichen Bewegungen durchweg nach den im Blickpunkt des Bewusstseins stehenden Vorstellungen sich richten.

Für diese Rückwirkung der Centralheerde motorischer Innervation auf die sensorischen Gebiete lässt nun noch eine Reihe von Erfahrungsthatsachen sich anführen. Zunächst gehört dahin die Beobachtung, dass es gelingt durch willkürliche Anstrengung Erinnerungs- und Phantasiebilder zu erwecken und durch festgehaltene Aufmerksamkeit zu verstärken. Die Fähigkeit hierzu scheint individuell sehr verschieden [2]). Bei manchen Personen ist sie so bedeutend, dass das Phantasiebild schliesslich die Lebendigkeit eines Phantasma erreicht [3]). Es bedarf aber stets einer ziemlich bedeutenden Zeit, um die Innervation so weit anwachsen zu lassen, und man bemerkt dabei deutlich ein zunehmendes Spannungsgefühl. Misst man

---

1 Die Annahme einer Adaptation der Aufmerksamkeit musste hier hauptsächlich auf die Spannungsgefühle gestützt werden. Die experimentellen Belege für diesen Vorgang, welche sich dem Verlauf der Vorstellungen entnehmen lassen, werden wir im nächsten Capitel kennen lernen.

2) FECHNER, Elemente der Psychophysik II. S. 471.

3) H. MEYER, Untersuchungen über die Physiologie der Nervenfaser S. 237 f. Vergl. a. G. E. MÜLLER, zur Theorie der sinnlichen Aufmerksamkeit. Inaug.-Diss. Leipzig 1873.

ferner die Zeit, welche von der Einwirkung eines Sinnesreizes bis zu seiner Wahrnehmung verfliesst, so ergibt sich als constantes Resultat, dass diese Zeit erheblich kürzer ist, wenn der Eindruck mit gespannter Aufmerksamkeit erwartet wurde, als wenn er unerwartet eintritt, ja unter gewissen Bedingungen kann dieselbe ganz verschwinden oder sogar negativ werden, so dass der Eindruck appercipirt wird, ehe er wirklich stattfindet. Diese Beobachtungen, auf welche wir im nächsten Capitel ausführlicher zurückkommen, machen es zweifellos, dass die willkürliche Spannung der Aufmerksamkeit unmittelbar auf die sinnliche Wahrnehmung einwirkt.

Die Innervations- oder Spannungsgefühle, in denen sich die Aufmerksamkeit äussert, und die durch ihre Intensität die Höhe und das Anwachsen derselben messen, geben nun zugleich Rechenschaft über die nahe Beziehung, in welche die Gefühle überhaupt zum Bewusstsein treten. In den Gefühlen äussert sich bekanntlich die Wirkung der Empfindungen und Vorstellungen auf das Bewusstsein. Indem nun die Aufmerksamkeit als eine innere Spannung erfasst wird, die sich in grösserer oder geringerer Stärke den Eindrücken zuwendet, werden alle Empfindungen und Vorstellungen zugleich nach dem Verhältniss bestimmt, in welchem sie zu jener inneren Spannung stehen. Mit Unlust fühlen wir Eindrücke, denen die Spannkraft des Bewusstseins nicht gewachsen ist: daher die Scheu vor zu starken Empfindungen, vor unvereinbaren Vorstellungen, und umgekehrt die Freude an solchen Sinnesreizen, denen die Aufmerksamkeit in gleicher Höhe entgegenkommt, oder an Vorstellungen, welche, wie die Symmetrie der Formen, die Harmonie und Rhythmik der Töne, die Erwartung abwechselnd spannen und befriedigen. Es ist daher vollkommen richtig, wenn man bemerkt hat, dass das Bewusstsein auf Gefühlen beruhe[1], insofern eben die Aufmerksamkeit, welche allein die Vorstellungen unserer unmittelbaren inneren Beobachtung zugänglich macht, eine mit sinnlichem Gefühl verbundene Innervation ist. Dass alle Gefühle erst aus der Wirkung der Empfindungen und Vorstellungen auf das Bewusstsein entspringen, steht hiermit nicht in Widerspruch. Denn die Wirkung auf das Bewusstsein besteht zugleich darin, dass alle psychischen Elemente an jener inneren Spannung gemessen werden, die bei der Auffassung und der Reproduction der Eindrücke wirksam ist[2].

Schliesslich bleibt noch die Frage übrig, wie das ganze Blickfeld des Bewusstseins zum Blickpunkt der Aufmerksamkeit sich verhalte. Man könnte zweifeln, ob die dort weilenden Vorstellungen überhaupt bewusst seien.

---

[1]) A. Horwicz, psychologische Analysen auf physiologischer Grundlage. S. 232.

[2]) Durch die obigen Betrachtungen werden die in Cap. X und XVII geführten Untersuchungen über die psychologische Natur der Gefühle ergänzt, die dort nur zu einem vorläufigen Abschlusse gebracht werden konnten.

Denn indem sie unserer Aufmerksamkeit entgehen, werden sie eben nicht von uns bemerkt, ähnlich wie dies beim äusseren Sehen häufig den indirect gesehenen Objecten widerfährt. Dennoch ist die Annahme, dass Bewusstsein und Aufmerksamkeit eins sind, nicht haltbar. Die Existenz der gleichsam in den peripherischen Regionen des inneren Blickfeldes gelegenen Vorstellungen verräth sich nämlich dadurch, dass sie eine viel unmittelbarere Wirkung auf den inneren Blickpunkt selbst ausüben als jene Dispositionen des Vorstellens, welche bloss im allgemeinen zur Reproduction bereit liegen. Dies ist besonders deutlich, wenn wir mehrere unter einander zusammenhängende Vorstellungen successiv mit der Aufmerksamkeit erfassen. Bei der rhythmischen Bewegung einer Melodie steht in jedem gegebenen Moment nur ein einzelner Klang oder Zusammenklang im innern Blickpunkt. Aber die nächst vorhergehenden Klänge desselben Taktes können nicht ganz aus dem Bewusstsein verschwunden sein; sonst könnten uns die Elemente des Taktes nicht in so viel näherer Verbindung stehen, als die wirklich auf blosse Reproduction abzielenden melodischen Wiederholungen. Man darf daher wahrscheinlich den doppelten Umfang des längsten Taktmaasses als diejenige Zahl successiver Klangvorstellungen betrachten, welche dem ganzen Umfange des inneren Blickfeldes nahe kommt. Mindestens den doppelten Umfang des Taktes müssen wir aber als unmittelbar im Bewusstsein gegenwärtig voraussetzen, weil jeder folgende Takt als die Wiederholung des vorangegangenen muss erkannt werden können. Das Aehnliche begegnet uns bei der logischen Verbindung der Vorstellungen. Im Urtheil und Schluss erfasst die Aufmerksamkeit jeweils nur einen einzigen Begriff. Nichts desto weniger muss am Ende des Schlusses der ganze Umfang desselben im innern Blickfelde liegen. Die Beschränkung des letzteren wird daher auch bei längeren Schlussketten deutlich fühlbar, weil man hier nicht mehr das Ganze auf einmal zu übersehen vermag. Uebrigens macht sich auch in diesem Fall die früher besprochene Erweiterung des Blickpunktes geltend, die bei wiederholtem Durchdenken der nämlichen Reihe ohne entsprechende Verminderung seiner Helligkeit eintritt. Percipirt werden also in jedem Augenblick theils alle unmittelbaren Sinnesreize, theils ihre nächsten als abgeschwächte Erregungen fortbestehenden Nachwirkungen, theils endlich die Erinnerungsbilder, die nach den Gesetzen der Association geweckt werden. Unter allen so vorhandenen Vorstellungen richtet sich dann die Apperception auf diejenigen, für welche sie am vollständigsten adaptirt ist.

Neunzehntes Capitel.

Verlauf und Association der Vorstellungen.

Unter den Vorstellungen, die sich in unserm Bewusstsein befinden, sind in jedem Augenblick nur diejenigen unmittelbar der innern Beobachtung zugänglich, die im Blickpunkt der Aufmerksamkeit liegen. Das ganze Schauspiel des Verlaufs und der Verbindung der Vorstellungen ist daher ganz und gar auf jene Centralstelle des Bewusstseins beschränkt, die unter dem Einfluss der innern Beobachtung steht, indem sie sich in Folge derselben deutlich verengert. Auf das Gehen und Kommen der im ganzen Umfang des Bewusstseins liegenden Vorstellungen können wir aber nur aus ihren Rückwirkungen auf den inneren Blickpunkt zurückschliessen.

Die Bewegung der Aufmerksamkeit von einer Vorstellung zur andern wird theils durch die inneren Eigenschaften des Bewusstseins, wie sie sich in der Association und Reproduction der Vorstellungen zu erkennen geben, theils durch den äusseren Wechsel der Sinneseindrücke bedingt. Es eröffnen sich daher zwei Wege der Beobachtung. Der eine besteht in der Auffassung des Verlaufs der spontan an unserm inneren Auge vorüberziehenden Erinnerungs- und Phantasiebilder, der andere in der Untersuchung des von den äusseren Sinneseindrücken abhängigen Wechsels der Vorstellungen. Von diesen beiden Wegen hat die Psychologie bisher den ersten allein berücksichtigt, indem sie stillschweigend voraussetzte, der Verlauf der Sinneswahrnehmungen wiederhole unmittelbar und im wesentlichen unverändert den zeitlichen Verlauf der äusseren Eindrücke. Dem ist jedoch nicht so; vielmehr wird die Art, wie das äussere Geschehen in unseren Vorstellungen sich abbildet, durch die Eigenschaften des Bewusstseins und der Aufmerksamkeit mitbedingt. Nun kann aber das Verhältniss des Wechsels der Vorstellungen zu dem der verursachenden Reize überhaupt nur bei den aus äusserer Reizung stammenden Wahrnehmungen festgestellt werden, während es uns hierzu bei den Erinnerungsbildern, die aus der psychischen Reizung der Reproduction hervorgehen, fast an jedem Anhaltspunkte gebricht. Anderseits bieten wieder allein diese letzteren Gelegenheit, die von dem Inhalt der Vorstellungen ausgehenden Ursachen der Verbindung und des zeitlichen Wechsels derselben zu ermitteln. Demnach ergibt sich uns als erste Aufgabe die Untersuchung der allgemeinen

Gesetze des Verlaufs der Vorstellungen, gegründet auf die experimentelle Erforschung des Verhältnisses ihrer zeitlichen Entstehung und Aufeinanderfolge zu den verursachenden äusseren Reizen; daran schliesst sich als zweite Aufgabe die Untersuchung der Verbindungsgesetze der Vorstellungen, gestützt auf die innere Beobachtung ihres von äusseren Einwirkungen möglichst frei gehaltenen Verlaufes.

Der einfachste und zugleich günstigste Fall für die Erfassung einer äusseren Sinnesvorstellung durch die Aufmerksamkeit ist offenbar dann gegeben, wenn die letztere auf den Eindruck, der zur Vorstellung erhoben werden soll, gespannt ist, ohne durch vorher, gleichzeitig oder kurz nachher einwirkende Reize irgendwie abgezogen zu werden. Hierbei kann man sicher sein, dass der Eindruck, sofern er nur die Reizschwelle überschreitet, dem Blickpunkt des Bewusstseins nicht entgeht, und dass zugleich eine möglichst kurze Zeit zwischen seiner Wirkung auf das Bewusstsein und seiner Erfassung durch die Aufmerksamkeit verfliesst. Diese zwischen der Perception und der Apperception gelegene Zeit wollen wir als die Apperceptionsdauer bezeichnen[1]). Wir besitzen kein Hülfsmittel, um dieselbe direct zu bestimmen, sondern wir vermögen auf ihre Grösse und auf ihre Veränderungen unter bestimmten Bedingungen immer nur aus gewissen zusammengesetzten Zeiten zurückzuschliessen, in welche sie als Bestandtheil eingeht. Die zunächst sich darbietende Methode zu ihrer Messung besteht nämlich darin, dass man an einer zeitmessenden Vorrichtung den Moment, in welchem der Sinneseindruck stattfindet, durch den äusseren Vorgang selbst genau angeben lässt, und sodann den Moment, in welchem man den Eindruck appercipirt, an derselben Vorrichtung registrirt[2]). Der ganze Vorgang, dessen Dauer auf diese Weise gemessen wird, setzt sich nun aus folgenden einzelnen Vorgängen zusammen: 1) aus der Leitung vom Sinnesorgan bis in das Gehirn, 2) aus dem Eintritt in das Blickfeld des Bewusstseins oder der Perception, 3) aus dem Eintritt in den Blickpunkt der Aufmerksamkeit oder der Apperception, 4) aus der Willenszeit, welche erfordert wird, um im Centralorgane die registrirende Bewegung auszulösen, und 5) aus der Leitung der so entstandenen motorischen Erregung bis zu den Muskeln und dem Anwachsen der Energie in denselben. Der erste und der letzte dieser Vorgänge sind rein physiologischer Art. Bei jedem derselben verfliesst eine verhältnissmässig kurze Zeit, welche der Eindruck

---

[1]) Vgl. oben S. 718.

[2]) Die Beschreibung solcher Registrirapparate sowie aller andern Vorrichtungen, die im folgenden noch erwähnt werden, folgt weiter unten. Siehe Fig. 153 und 154.

braucht, um in den peripherischen Nerven geleitet zu werden, und eine wahrscheinlich etwas längere, welche die Leitung im Centralorgan beansprucht [1]). So bleiben nur noch die drei mittleren Vorgänge, die Perception, die Apperception und die Entwicklung des Willensimpulses, als eigentlich psychologische übrig. Unter ihnen ist nun die Perception höchst wahrscheinlich mit der Erregung der centralen Sinnesflächen unmittelbar gegeben. Wir haben allen Grund anzunehmen, dass ein Eindruck, der auf die Centraltheile mit der zureichenden Stärke einwirkt, dadurch an und für sich schon in dem allgemeinen Blickfeld des Bewusstseins liege. Eine besondere Thätigkeit, die wir auch subjectiv wahrnehmen, ist allerdings erforderlich, um nun einem solchen Eindruck die Aufmerksamkeit zuzuwenden; aber diesen Vorgang unterscheiden wir eben als Apperception von der einfachen Perception. Hiernach liegt die Dauer der Perception in dem zeitlichen Verlauf der sensorischen Leitungsvorgänge inbegriffen, und wir können unter ihr ebensowohl den letzten Act der physiologischen Vorbedingungen wie den ersten Act der psychologischen Vorgänge verstehen. Von einer besonderen Perceptionsdauer lässt sich daher nur reden, insofern man die Zeit, welche die den centralen Sinnescentren zugeführte Reizung braucht, um hier Erregung hervorzubringen, und die Zeit der Erhebung des Eindrucks in das Blickfeld des Bewusstseins als eine und dieselbe Zeitdauer auffasst. Aehnlich verhält es sich mit demjenigen Vorgang, welchen wir oben als Willenszeit bezeichnet haben. Es wäre eine höchst unwahrscheinliche Annahme, dieselbe für einen besonderen psychologischen Act zu halten, der abgelaufen sein müsse, wenn die motorische Erregung im Centralorgane beginnen solle. Vielmehr ist was sich unserer Selbstbeobachtung als Anwachsen des Willensimpulses zu erkennen gibt offenbar gleichzeitig eine centrale motorische Reizung. Auch die Willenszeit ist daher ein psychophysischer, d. h. ebensowohl ein psychischer wie ein physiologischer Zeitraum. So bleibt nur das Mittelglied der ganzen Reihe, die Apperception, übrig, der man wohl geneigt sein möchte eine rein psychologische Existenz beizumessen. Wäre aber dies der Fall, so würde sich während der Zeit, die zwischen der Perception und ihr verfliesst, in den physiologischen Bedingungen nichts ändern. Auch

[1]) Man hat die Vermuthung ausgesprochen, dass zu den peripherischen Leitungsvorgängen vielleicht auch noch eine besondere Aufnahmezeit gerechnet werden müsse, welche der Eindruck braucht, um vom Sinnesorgan auf den Nerven übertragen zu werden. (Exner, Pflüger's Archiv VII S. 631.) Es ist aber bis jetzt kein zureichender Anhaltspunkt in den Beobachtungen gegeben, welcher darauf hinweist, dass die Zeit der latenten Sinnesreizung merklich grösser sei als die Zeit der gewöhnlichen latenten Nervenreizung. Exner fand zwar, dass die ganze physiologische Zeit beim Sehen eines Funkens etwas grösser war, als wenn der Sehnerv direct gereizt wurde. Hierbei liegen aber ausserdem Verschiedenheiten in der Stärke der Reizung vor, welche, wie wir sehen werden, das gleiche Resultat herbeiführen müssen.

diese Annahme schliesst offenbar eine Unwahrscheinlichkeit in sich, da der Zustand der Aufmerksamkeit sehr deutliche physiologische Rückwirkungen äussert. Man hat nun meistens ausdrücklich oder stillschweigend angenommen, die Apperception hänge unmittelbar mit der Perception zusammen: sie sei entweder nur ein gesteigerter Perceptionsvorgang, oder beide seien überhaupt eins und dasselbe, es werde nichts percipirt was nicht zugleich irgendwie von der Aufmerksamkeit erfasst oder appercipirt werde. Aber der ersten dieser Meinungen widersprechen durchaus die Beobachtungen über das Wandern der Aufmerksamkeit. Würde diese nur durch die Stärke der Perception gelenkt, so müsste sie stets dem intensivsten Eindruck sich zuwenden. Nun prädisponirt zwar die Stärke des Reizes denselben zur Apperception, aber sie ist durchaus nicht der bestimmende Grund der letzteren, da wir erfahrungsgemäss die schwächeren den stärkeren Eindrücken vorziehen können. Der zweiten Meinung widerstreitet die früher hervorgehobene Thatsache, dass Vorstellungen in unserm Bewusstsein gegenwärtig sein können, ohne dass sich ihnen die Aufmerksamkeit zuwendet [1]. Eine andere Möglichkeit ist meistens ganz unberücksichtigt geblieben, diejenige nämlich, dass die Apperception mit der Willenserregung zusammenfalle. Wir wollen jedoch von dieser Verbindung, obgleich auf sie die Betrachtungen des vorigen Capitels schon hinweisen, vorerst noch absehen und zunächst bei derjenigen Voraussetzung, die sich der Beobachtung zunächst darzubieten scheint, stehen bleiben, dass die Apperception ein besonderer, zwischen Perception und Willenserregung sich einschiebender Vorgang sei. Hiermit ist die Annahme noch keineswegs nothwendig verbunden, dass derselbe keine physiologische Grundlage habe. Bei dem Act der Apperception bemerken wir vielmehr stets jenes sinnliche Gefühl, welches überall die Spannung der Aufmerksamkeit begleitet [2], und für welches wir nothwendig eine physiologische Grundlage, nämlich irgend einen central entspringenden Innervationsvorgang, annehmen müssen. So bleiben denn im allgemeinen die oben unterschiedenen fünf Vorgänge, von denen die drei mittleren als psychophysische zu betrachten sind. Zwei derselben, die Apperception und die Willenserregung, lassen sich in vielen Fällen in Bezug auf ihren zeitlichen Verlauf nicht mit Sicherheit trennen. Wir werden sie dann als Reactionszeit zusammenfassen, da ja beide Vorgänge in einer centralen Reaction auf die in das Bewusstsein eingetretenen Vorstellungen bestehen. Unter dieser Voraussetzung zieht sich daher der ganze Process in vier Acte, in zwei rein physiologische und in zwei psychologische, zusammen. Wir besitzen zunächst kein Hülfsmittel, um die

---

[1] Seite 717.
[2] Seite 721.

beiden letzteren getrennt von einander und getrennt von den physiologischen Leitungsvorgängen, die ihnen vorausgehen und nachfolgen, zu bestimmen. Dieser Umstand würde verhängnissvoll sein, wenn die psychologischen Zeiträume verhältnissmässig sehr klein wären. Aber wir haben allen Grund anzunehmen, dass das Gegentheil der Fall ist, dass jene Processe der centralen Sinneserregung und der Willensreaction auf dieselbe viel mehr Zeit beanspruchen als die Leitungsvorgänge. Den ganzen Zeitraum, welcher aus den angegebenen Einzelzeiten besteht, wollen wir, nach einem von den astronomischen Beobachtern eingeführten Ausdruck, die physiologische Zeit nennen. Wo die Beobachtung beträchtlichere Veränderungen dieser Zeit ergibt, da werden wir aus dem angegebenen Grunde solches vorzugsweise auf Rechnung der psychologischen Vorgänge, die in sie eingehen, schreiben können. Diese selbst lassen sich zwar auch nicht unmittelbar von einander trennen, aber es kann doch nach der Selbstbeobachtung und den Versuchsbedingungen zuweilen mit einiger Wahrscheinlichkeit vermuthet werden, dass gewisse Schwankungen der physiologischen Zeit vorzugsweise auf Rechnung der Perceptionsdauer, andere mehr auf die der Reactionsdauer zu schreiben sind. Die Frage, wie die letztere aus ihren beiden Bestandtheilen, der Apperception und der Willenserregung, zusammengesetzt sei, wird schliesslich immer noch eine besondere Untersuchung erheischen. Dies vorausgeschickt, wollen wir nun die physiologische Zeit 1) unter den einfachsten Bedingungen, die für sie möglich sind, untersuchen, wenn nämlich der Beobachter auf einen Eindruck von bestimmter Qualität und Stärke gespannt, über die Zeit seines Eintritts aber ungewiss ist. Daran reihen sich 2) die Veränderungen der physiologischen Zeit unter der erleichternden Bedingung, dass der Eindruck auch in Bezug auf die Zeit seines Eintritts bekannt ist, sowie 3) die Veränderungen, die sich unter erschwerenden Bedingungen ergeben, sei es weil der Eindruck überhaupt oder mit Rücksicht auf seine Beschaffenheit unerwartet ist, sei es weil die Art der Willensreaction auf denselben erst von seiner Qualität abhängig gemacht wird.

Wird die physiologische Zeit in der oben angegebenen Weise durch Registriren eines nach seiner Beschaffenheit bekannten, in Bezug auf seine Zeit aber unbestimmt gelassenen Eindrucks mittelst einer Bewegung gemessen, so beträgt sie durchschnittlich bei einer mässigen Stärke der Reize etwa $^1/_5$ Secunde. In den meisten Beobachtungen zeigen die Eindrücke auf die verschiedenen Sinne kleine Unterschiede, indem die Zeit für Haut und Gehörsreize etwas kleiner zu sein pflegt als für Gesichtsreize. Doch ist es wahrscheinlich, dass diese Unterschiede nicht sowohl vom Sinnesorgan als von der Art und Stärke der Reizung herrühren. So fand ich, dass die physiologische Zeit für Hauteindrücke bei der elek-

trischen Reizung kleiner ist als bei eigentlichen Tastempfindungen, wie die folgenden Mittelzahlen dies zeigen[1]:

	Mittel.	Mittlere Variation.	Wahrscheinlicher Fehler.
Schall	0,167	0,0221	0,0160
Licht	0,222	0,0219	0,0183
Elektrische Hautempfindung	0,201	0,0115	0,0099
Tastempfindung	0,213	0,0134	0,0107

Ich stelle hiermit die Mittelzahlen, welche von einigen andern Beobachtern gewonnen worden sind, zusammen:

	HIRSCH[2].	HANKEL[3].	EXNER[4].
Schall	0,149	0,1505	0,1360
Licht	0,200	0,2246	0,1506
Hautempfindung	0,182	0,1546	0,1337

Es würde voreilig sein, auf diese Zahlen hin den Schall- und Hauteindrücken an und für sich eine kürzere physiologische Zeit zuzuschreiben als den Lichtempfindungen. Denn wählen wir auch in allen drei Fällen Reize von mässiger Stärke, so ist damit doch nicht gesagt, dass die physiologische Stärke derselben, nämlich ihre Wirkungsfähigkeit auf die Sinnesnerven, eine vollkommen gleiche sei. Namentlich kommt in Betracht, dass bei der gewöhnlichen Anstellung der Versuche das Auge fortwährend unter der Einwirkung von Lichteindrücken steht, zu denen der zu registrirende Reiz erst hinzukommt. Wir besitzen kein Mittel, um verschiedenartige Sinnesreize in Bezug auf ihre Stärke vergleichen zu können. Doch gibt es einen einzigen Fall, wo wir voraussetzen dürfen, dass die Wirkungsfähigkeit der Reize auf das Bewusstsein nicht verschieden sei: wenn nämlich dieselben gerade nur die Reizschwelle erreichen. Eine eben merkliche Empfindung hat für unser Bewusstsein nothwendig immer die nämliche Grösse, welchem Sinnesgebiet sie auch angehören möge. Wollen wir

---

[1] Ist M das Mittel aus den Beobachtungen $a, b, c, d \ldots$, deren Zahl n ist, so ist die mittlere Variation

$$v = \frac{(M-a) + (M-b) + (M-c) \ldots}{n},$$

wobei die einzelnen Differenzen alle positiv genommen werden. Der wahrscheinliche Fehler φ ist nach den Grundsätzen der Wahrscheinlichkeitsrechnung $= 0{,}6745 \,.\, f$, wo f den mittleren Fehler der Beobachtungen bedeutet und bei einer verhältnissmässig nicht sehr grossen Zahl von Beobachtungen bestimmt wird aus der Formel:

$$f = \sqrt{\frac{(M-a)^2 + (M-b)^2 + (M-c)^2 \ldots}{n-1}}$$

[2] MOLESCHOTT's Untersuchungen IX, S. 199.

[3] POGGENDORFF's Ann. Bd. 132, S. 134 f.

[4] PFLÜGER's Archiv VII, S. 645, 648, 649.

daher die physiologische Zeit für disparate Empfindungen unter übereinstimmenden Bedingungen vergleichen, so müssen wir von ihren Schwellenwerthen ausgehen. Hier zeigt sich nun, dass die verfliessende Zeit erheblich grösser als bei stärkeren Reizen, aber für die verschiedenen Sinne nahezu gleich ist. Mit dem Durchschnittswerth der physiologischen Zeit nimmt ausserdem auch die mittlere Abweichung der Einzelbeobachtungen zu. Folgendes sind die aus Versuchsreihen von je 24 Beobachtungen gefundenen Werthe:

Reizschwelle:	Mittel.	Mittlere Variation.	Wahrscheinlicher Fehler.
Schall	0,337	0,0501	0.0390
Licht	0,331	0,0577	0,0389
Tastempfindung	0,327	0,0324	0,0278

Nach diesen Versuchen glaube ich annehmen zu dürfen, dass die physiologische Zeit, unter Voraussetzung möglichst gleicher Bedingungen für die Dauer der sensorischen und motorischen Leitung und gleich bleibender Eigenschaften des Bewusstseins, bei eben merklichen Reizen aller Sinne gleich gross, dass also die Dauer der Perception und Reaction bei der Reizschwelle eine constante Grösse ist. Die grössere Variation der Einzelversuche erklärt sich aus der schwankenden Natur der Schwellenwerthe, die auch bei der Intensitätsmessung der Empfindung ihre Bestimmung unsicher macht. Weiterhin werden wir aus diesen Erfahrungen folgern dürfen, dass keiner unserer Sinne in Bezug auf Geschwindigkeit der Perception an sich bevorzugt ist, sondern dass die gewöhnlich beobachteten Verschiedenheiten nur von der verschiedenen Intensität herrühren, mit welcher die Reize auf das Bewusstsein wirken. Diese Intensität ist aber nicht bloss von ihrer objectiven Stärke sondern auch von der Beschaffenheit der peripherischen, vielleicht auch der centralen Sinneswerkzeuge sowie von der etwa gleichzeitig stattfindenden Einwirkung anderer Reize abhängig.

Aus der Vergleichung der physiologischen Zeit beim Schwellenwerth und bei stärkeren Eindrücken erhellt bereits, dass diese Zeit mit wachsender Stärke des Reizes abnehmen muss. Solches lässt sich nun auch noch für Reize von verschiedener Stärke, die über dem Schwellenwerthe gelegen sind, nachweisen, am besten eignen sich dazu Schalleindrücke, wegen der Sicherheit, mit der ihre Intensität abgestuft werden kann. Ich benützte hierzu theils den Hipp'schen Fallapparat (Fig. 153), bei dem eine Kugel von 15 Grm. Gewicht auf ein Brett herabfällt, theils einen eigens zu diesem Zweck construirten elektromagnetischen Fallhammer. Je nach der Höhe, aus der die Kugel oder der Hammer herabfiel, wechselte dabei die Stärke des Schalls. Das Verhältniss der Schallstärken an beiden Apparaten war so, dass eine Fallhöhe des Hammers von 16 Mm. ungefähr einer solchen der

Kugel von 3 Cm. gleichkam. Ich führe zwei Versuchsreihen, die eine bei schwächeren, die andere bei höheren Schallstärken an, die zugleich von verschiedenen Individuen herrühren.

W. W.

Höhe des Fallhammers.	Mittel.	Mittlere Var.	Zahl der Vers.
1 Mm.	0,217	0,0220	21
4 ,,	0,146	0,0270	24
8 ,,	0,132	0,0114	24
16 ,,	0,135	0,0275	25

S. W.

Höhe der Kugel.	Mittel.	Mittlere Var.	Zahl der Vers.
2 Cm.	0,161	0,024	31
5 ,,	0,176	0,024	30
25 ,,	0,159	0,030	25
55 ,,	0,094	0,026	16

Diese Versuche lassen bei Reizen von beträchtlich verschiedener Intensität eine deutliche Abnahme der physiologischen Zeit mit der Zunahme des Reizes erkennen. Bei geringeren Intensitätsunterschieden trifft aber allerdings, wenigstens in kürzeren Versuchsreihen, diese Regel nicht mehr überall zu. Wir werden daher annehmen dürfen, dass zwischen engeren Grenzen der Einfluss der Reizstärke sehr unbedeutend ist gegenüber der Wirkung, welche der wechselnde Zustand der Aufmerksamkeit mit sich führt, und welche sich an der bei allen Beobachtungen über die physiologische Zeit verhältnissmässig bedeutenden Grösse der mittleren Variation zu erkennen gibt. Diese Wirkung lässt sich auch in längeren Versuchsreihen nicht völlig eliminiren, weil in solchen der Zustand des Bewusstseins nicht etwa um eine bestimmte Gleichgewichtslage auf- und abschwankt, sondern weil diese Gleichgewichtslage selbst stetigen Veränderungen unterworfen ist, die im allgemeinen um so bedeutender werden, über je längere Zeiträume sich die Beobachtungen erstrecken.

An der Abnahme der physiologischen Zeit mit der Reizstärke sind zweifellos die rein physiologischen Vorgänge der Leitung bis zu einem gewissen Grade mitbetheiligt. Dies zeigt die Erfahrung, dass die Fortpflanzung des Reizes in der Nervenfaser mit wachsender Reizstärke an Geschwindigkeit zunimmt[1]). Aber so bedeutend auch diese Unterschiede an sich sind, so bleibt doch die Dauer der Fortpflanzung in allen Fällen so klein im Verhältniss zur ganzen Grösse der physiologischen Zeit, dass auch hier die gefundenen Unterschiede jedenfalls zu ihrem wesentlichsten Theile auf Rechnung der psychophysischen Zeiträume der Perception und

[1]) Vergl. meine Untersuchungen zur Mechanik der Nerven. Abth. I, S. 198.

Reaction zu schreiben sind. Wie diese beiden sich wieder in die auf sie fallende Zeit theilen, lässt sich nicht mit völliger Sicherheit ermitteln, sondern höchstens durch Erwägung der psychologischen Versuchsbedingungen mit einiger Wahrscheinlichkeit bestimmen. Es ist nämlich nicht zu übersehen, dass bei den mitgetheilten Beobachtungen während einer Versuchsreihe immer mit der nämlichen Schallstärke experimentirt wurde. Dem Beobachter war also der aufzufassende Schall bekannt, und seine ganze Aufmerksamkeit war gerade auf die gegebene Schallstärke gerichtet. Man kann daher nicht zugeben, dass der Zustand der Aufmerksamkeit, von den zufälligen Schwankungen derselben abgesehen, für die verschiedenen Reizstärken ein verschiedener sei, und es lässt sich nicht einsehen, warum auf einen stärkeren Schall, nachdem er percipirt worden ist, schneller reagirt werden sollte als auf einen minder starken. Nur für einen Fall glaube ich, der Selbstbeobachtung zufolge, eine Ausnahme statuiren zu müssen, für die Reizschwelle nämlich. Hier befindet man sich, mindestens in vielen Versuchen, während einer sehr kurzen Zeit in einem Zustand des Zweifels, ob wirklich auch ein Eindruck stattgefunden habe, und man fühlt deutlich, wie darüber eine gewisse Zeit vergeht. Es ist bemerkenswerth, dass ein derartiger Zustand nicht etwa bloss in solchen Fällen besteht, wo das Urtheil überhaupt zweifelhaft bleibt, sondern auch in jenen, wo entschieden der Eindruck percipirt wird, sich also jedenfalls noch über der Schwelle befindet. Auch über den näheren Grund dieses Zustandes gibt schon die Selbstbeobachtung einigen Aufschluss. Man findet nämlich, dass es ausnehmend schwer wird die Spannung der Aufmerksamkeit einem Reiz von fast verschwindender Intensität anzupassen; unwillkürlich ist man dabei auf einen Eindruck gefasst, der stärker ist als der wirklich eintretende. Nun ist aber, wie wir unten sehen werden für einen Eindruck, dessen Intensität nicht vorausgesehen werden kann, stets die physiologische Zeit beträchtlich vergrössert.

Schliesslich erhebt sich die Frage, wie bei diesen einfachen Registrirversuchen die beiden Vorgänge, die wir in der Reactionszeit zusammengefasst haben, die Apperception und Willenserregung, sich zu einander verhalten. Es ist wohl nicht zu bezweifeln, dass in manchen Fällen, namentlich wo die Reactionszeit grösser ausfällt, die Entwicklung des Willensimpulses eine gewisse Zeit in Anspruch nimmt. Zuweilen fasst man auch in der Selbstbeobachtung deutlich die Apperception und die willkürliche Bewegung als zwei successive Acte auf. In der Mehrzahl der Fälle hat man aber von einer solchen Trennung kein Bewusstsein, sondern in demselben Augenblick, in welchem man den Reiz wahrnimmt, glaubt man ihn auch schon zu registriren. In der That sind nun die Bedingungen bei diesen Versuchen geeignet, die Willenszeit zu einer verschwindend kleinen

Dauer herabzudrücken. Da nämlich die auszuführende Bewegung zuvor genau bekannt und bei längeren Versuchsreihen zu grosser mechanischer Sicherheit gebracht ist, so ist offenbar die Rückwirkung der Apperception auf die Willenserregung möglichst erleichtert. Auch gibt es eine specielle Erscheinung, welche die Annahme, dass in vielen Fällen die Willenszeit verschwindend klein werde, so dass die Reactionsdauer allein auf Rechnung der Apperception kommt, mindestens zu sehr hoher Wahrscheinlichkeit erhebt. Wenn man nämlich mit grosser Spannung der Aufmerksamkeit den Eindruck erwartet, so kommt es vor, dass man statt desselben einen ganz andern Eindruck registrirt, und zwar handelt es sich dabei nicht etwa um eine Verwechselung. Vielmehr weiss man schon im Moment der Bewegung sehr gut, dass man einen falschen Reiz registrirt hat; ja es kommt vor, wenn gleich selten, dass der letztere gar nicht demselben Sinnesgebiet angehört, dass man also z. B. bei Versuchen über Schalleindrücke einen zufällig oder absichtlich herbeigeführten Lichtblitz registrirt. Wir können diese Erscheinung nicht wohl anders als so erklären, dass durch die Spannung der Aufmerksamkeit, welche dem erwarteten Eindruck entgegenkommt, gleichzeitig eine vorbereitende Innervation der motorischen Centralgebiete sich entwickelt hat, welche bei dem geringsten Anstoss in wirkliche Erregung übergeht. Dieser Anstoss kann dann in solchem Fall auch von jeder zufälligen Apperception ausgehen, deren Registrirung gar nicht beabsichtigt wurde. Wenn aber die vorbereitende Innervation zu diesem Grade angewachsen ist, so wird auch zwischen dem von der Apperception ausgehenden Impuls und der wirklichen Erregung nur eine verschwindend kleine Zeit verfliessen. In der That wird diese Annahme durch eine grosse Zahl anderer Thatsachen, die wir noch kennen lernen werden, ausser Zweifel gesetzt.

Die Auffassung eines Eindrucks wird wesentlich erleichtert, wenn demselben irgend ein Signal vorhergeht, durch welches die Zeit seines Eintritts vorausbestimmt ist. Dieser Fall ist also immer dann verwirklicht, wenn mehrere Reize in gleichmässigen Intervallen auf einander folgen, wenn wir z. B. Pendelbewegungen mit dem Gesichtssinn oder Pendelschläge mit dem Ohr wahrnehmen. Jeder einzelne Pendelschlag bildet hier das Signal für den ihm nachfolgenden, dem nun die Aufmerksamkeit vollkommen vorbereitet entgegenkommt. Das nämliche begegnet uns schon, wenn wir dem aufzufassenden Eindruck nur ein einziges durch ein gewisses Zeitintervall getrenntes Signal vorangehen lassen. Man findet dabei stets die physiologische Zeit bedeutend verkürzt. Zugleich nehmen aber die Abweichungen zwischen den einzelnen Beobachtungen so sehr zu, dass

die mittlere Variation nahezu dem Betrag der ganzen physiologischen Zeit gleichkommen kann. Vergleichsversuche über die mit und ohne vorangegangenes Signal verfliessende Zeit habe ich nach folgendem Plane ausgeführt. Als Schallreiz diente das Auffallen einer Kugel auf dem Brett des Fallapparates (s. unten Fig. 153). Diese Kugel fiel in der einen Reihe von Versuchen aus freier Hand aus der Höhe des offen stehenden Ringes (*T*), welcher zum Halten der Fallkugel bestimmt ist. In der zweiten Reihe von Versuchen war der Ring geschlossen und wurde durch Druck an der daran befindlichen Feder geöffnet, wodurch alsdann die auf demselben ruhende Kugel herabfiel. Im ersten Fall ging dem Aufschlagen der Kugel kein Signal vorher, im zweiten diente als solches das Geräusch der Feder beim Oeffnen des Ringes. Bei constanter Fallhöhe blieb daher das Zeitintervall zwischen Signal und Hauptreiz constant, und durch Veränderung der Fallhöhe konnte dasselbe gleichzeitig variirt werden. Folgendes sind die Mittelwerthe aus zwei solchen Versuchsreihen:

		Mittel.	Mittlere Variation.	Zahl der Versuche.
Fallhöhe 25 Cm.	Ohne Signal	0.253	0.051	13
	Mit Signal	0,076	0.060	17
Fallhöhe 5 Cm.	Ohne Signal	0.266	0.036	14
	Mit Signal	0,175	0.035	17

Man sieht hieraus, dass die Abnahme der physiologischen Zeit grösser wird, wenn das constante Intervall zwischen Signal und Haupteindruck zunimmt, und gleichzeitig steigt dann auch die relative Grösse der mittleren Variation. Ausserdem ist aber auf diese Abnahme die häufigere Wiederholung der Beobachtungen von grossem Einfluss. In einer längeren Versuchsreihe verkürzt sich die physiologische Zeit, wenn das Intervall zwischen Signal und Eindruck gleich bleibt, immer mehr, und es gelingt in einzelnen Fällen, sie auf eine verschwindend kleine Grösse (von einigen tausendel Secunden) oder vollständig auf Null herabzudrücken. Es ist dazu nur erforderlich, dass das Intervall zwischen Signal und Eindruck einerseits nicht zu gross und anderseits nicht zu klein sei. Die obere Grenze vermochte ich wegen der beschränkten Dimensionen des zu diesen Versuchen dienenden Hipp'schen Fallapparates nicht festzustellen. Was die untere betrifft, so gelang es bei einer Fallhöhe von 20 Cm. noch leicht die physiologische Zeit zum Verschwinden zu bringen, mit Verkürzung der Fallzeit wurde dies immer schwerer, und bei 5 Cm. war zwar noch die Verkürzung deutlich bemerkbar, aber die Zeit wurde in keinem einzigen Fall mehr gleich null. Demnach dürfte etwa bei einem Intervall von 0,04″ zwischen Signal und Eindruck die untere Grenze erreicht sein.

Der einzige Grund, der sich für diese ganze Erscheinung annehmen

lässt, ist die vorbereitende Spannung der Aufmerksamkeit. Dass durch diese die physiologische Zeit verkürzt werden muss, ist leicht begreiflich; dass sie unter Umständen auf null herabsinken kann, möchte auffallender scheinen. Trotzdem erklärt sich auch letzteres leicht aus den bei den gewöhnlichen Registrirversuchen gemachten Beobachtungen. Die wachsende Spannung der Aufmerksamkeit bei der Erwartung eines seiner Zeit nach unbestimmten Eindrucks gibt sich, wie wir bemerkt haben, nicht bloss an dem subjectiven Gefühl, sondern auch an der merkwürdigen Thatsache zu erkennen, dass, wo die Spannung ihren höchsten Grad erreicht hat, die vorbereitete Bewegung gar nicht mehr unter der Herrschaft unseres Willens steht; denn in solchem Fall registriren wir einen Reiz, dessen Verschiedenheit von dem erwarteten Eindruck wir unmittelbar erkennen (S. 735). In den vorliegenden Versuchen, wo der Eindruck auch in Bezug auf seine Zeit vorausbekannt ist, accommodirt sich nun offenbar die Aufmerksamkeit so genau an den Eintritt des Reizes, dass dieser im selben Moment, in welchem er zur Perception gelangt, auch appercipirt wird, und dass mit der Apperception die Willenserregung zusammenfällt. Hierdurch bestätigt sich unmittelbar die oben schon aufgestellte Vermuthung, dass, wo wir durch eine eindeutig vorausbestimmte Bewegung auf einen Eindruck reagiren, im Moment der Apperception in der Regel auch die Willenserregung stattfinden kann. Ist ein Eindruck in Bezug auf Qualität und Stärke bekannt, in Bezug auf die Zeit seines Eintritts nicht fest bestimmt, so bedarf die Apperception noch eine gewisse Zeit. Während dieser wächst jedoch die Willenserregung hinreichend an, um im selben Moment, wo die Apperception vollendet ist, den motorischen Impuls zu bewirken. Ist der Eindruck auch in Bezug auf die Zeit seines Eintrittes fest bestimmt, so kann nun aber die vorbereitende Spannung der Aufmerksamkeit so sehr demselben sich accommodiren, dass die Zeit der Apperception ebenfalls null wird und nur noch die verhältnismässig sehr kurzen Zeiten der physiologischen Leitung übrig bleiben. Aber merkwürdiger Weise können in einzelnen Versuchen offenbar selbst diese verschwinden, indem der Eindruck *früher* appercipirt werden muss, als er wirklich stattfindet, und zwar genau um ebenso viel früher, als die Zeit der motorischen Leitung beträgt. Diese Erscheinung erklärt sich aus folgendem Umstand. Für die Gleichzeitigkeit zweier an Stärke nicht sehr verschiedener Reize haben wir im allgemeinen ein sehr genaues Gefühl. Unwillkürlich sucht man nun in einer Reihe von Versuchen, in welchen das Signal dem Haupteindruck um eine bestimmte Zeit vorhergeht, nicht nur möglichst rasch, sondern auch so zu registriren, dass die eigene Bewegung mit dem Eindruck zusammenfällt: man sucht also die beim Registriren vorhandene Innervations- und Tastempfindung dem gehörten Schall gleichzeitig

zu machen, und der Versuch zeigt, dass dies in einzelnen Fällen in der That vollständig gelingt. So kommt es, dass man bei diesen Versuchen das deutliche Gefühl hat, in einem und demselben Moment den Schall zu hören, auf ihn zu reagiren und den Eindruck, der durch diese Reaction geschieht, zu empfinden. Hierin besteht ein wesentlicher Unterschied von den Registrirversuchen ohne Signal, bei denen man nur die Apperception und den Willensimpuls meistens als gleichzeitige Acte empfindet, während man sich deutlich bewusst ist, dass die vom Willensimpuls ausgehende Reactionsbewegung etwas später fällt. So kommt es auch, dass man, wie verschiedene Beobachter auf diesem Gebiete bestätigen[1], sehr bestimmt zu sagen weiss, ob man im einen Fall »gut« und in einem anderen Fall »schlecht« registrirt habe, obgleich man doch immer möglichst schnell die Bewegung auszuführen sucht und die so gefühlten Unterschiede meistens auch nur wenige Hunderttheile einer Secunde betragen. Man ermisst aber hierbei die Genauigkeit des Registrirens an dem Zeitintervall zwischen dem Eindruck und der Bewegungsempfindung. Nebenbei zeigt diese Erscheinung, wie ausserordentlich genau unsere Selbstauffassung bei solchen Versuchen sein kann.

Von besonderem Interesse ist endlich noch, dass bei den Signalversuchen, obgleich uns die Auffassung des Eindrucks und die reagirende Bewegung auf denselben gleichzeitig zu sein scheint, oder vielmehr weil dies so ist, in Wirklichkeit die Apperception dem äussern Eindruck vorangehen muss. Auf diese Thatsache werden wir unten bei andern Beobachtungen zurückkommen, wo sich dieselbe in viel weiterem Umfange, als ein für die vorbereitende Spannung der Aufmerksamkeit höchst charakteristisches Phänomen, bestätigen wird.

Wir wenden uns nun zur Untersuchung der Verhältnisse der physiologischen Zeit, wenn erschwerende Bedingungen für die Auffassung des Eindrucks oder für die Willensreaction gegeben sind. Der einfachste Fall dieser Art ist da gegeben, wo der Eindruck nicht bloss in Bezug auf die Zeit seines Eintritts, sondern auch in Bezug auf seine Stärke unbestimmt gelassen ist. Führt man z. B. Schallversuche in solcher Weise aus, dass fortwährend zwischen starken und schwachen Reizen unregelmässig gewechselt wird, wobei also der Beobachter niemals eine bestimmte Schallstärke sicher erwarten kann, so wird die physiologische Zeit für alle Schallstärken vergrössert; ebenso nimmt die mittlere Variation zu. Ich stelle beispielsweise zwei in wenig verschiedener Zeit an demselben Indi-

[1] Vgl. EXNER, a. a. O. S. 613.

viduum ausgeführte Versuchsreihen zusammen. In Reihe I wechselten starker und schwacher Schall regelmässig, so dass jedesmal die Intensität voraus bekannt war; in Reihe II wechselten die verschiedenen Schallstärken in ganz unregelmässiger Weise.

	Mittel.	Mittlere Var.	Zahl der Versuche.
I. Regelmässiger Wechsel.			
Starker Sahall	0,116	0,010	18
Schwacher Schall	0,127	0,012	9
II. Unregelmässiger Wechsel.			
Starker Schall	0,189	0,038	9
Schwacher Schall	0,298	0,076	15

Noch bedeutender wächst die Zeit, wenn man ganz unerwartet in eine Versuchsreihe mit lauter starken Eindrücken plötzlich einen schwachen oder auch umgekehrt zwischen schwache Reize einen starken einschiebt. Auf diese Weise sah ich in einzelnen Fällen die Zeit für einen Eindruck nahe der Reizschwelle auf 0,4 — 0,5 Sec. und für einen ziemlich starken Reiz, eine fallende Kugel von 50 Cm. Höhe, bis auf 0,25 Sec. ansteigen. Es ist also eine allgemeine Thatsache, dass ein Reiz, dessen Eintritt zwar im allgemeinen erwartet wird, für dessen Intensität aber eine Adaptation der Aufmerksamkeit nicht stattfinden konnte, eine grössere physiologische Zeit erfordert. Es kann nun in solchem Fall ebenso wenig an Veränderungen der Perception wie an solche der physiologischen Leitung gedacht werden, sondern der Grund des Unterschieds kann allein darin liegen, dass überall, wo eine vorangegangene Spannung der Aufmerksamkeit nicht stattfindet, die Reactionsdauer zunimmt. Schon oben (S. 734) wurde bemerkt, dass die auffallende Grösse der physiologischen Zeit bei Reizstärken, welche den Schwellenwerth eben erreichen oder kaum überschreiten, nach diesen Beobachtungen über unerwartete Eindrücke darauf zurückgeführt werden kann, dass sich bei den schwächsten Reizen die Aufmerksamkeit stets über das richtige Maass hinaus adaptirt, so dass ein ähnlicher Zustand wie bei unerwarteten Eindrücken vorhanden ist. Dem entspricht vollständig die Art, wie im allgemeinen mit dem allmäligen Wachsen des Reizes die Zeit abnimmt. Nahe dem Schwellenwerth sinkt sie nämlich sehr schnell, um hierauf bei weiterer Verstärkung des Reizes viel langsamer abzunehmen. Wahrscheinlich tritt in der Nähe der Reizhöhe wieder ein ähnliches Verhalten ein. Man bemerkt nämlich, dass bei einem Schall, der stark genug ist, um Erschrecken hervorzubringen, immer die physiologische Zeit etwas verlängert wird, auch dann, wenn ein starker Schall erwartet wurde. Man nähert sich augenscheinlich bei der Verstärkung des Eindrucks einer Grenze, wo das Erschrecken selbst dann bei jedem einzelnen Reize eintritt, wenn sich dieser in gleicher Intensität mehrmals wiederholt, also vollständig zuvor



bekannt ist. Besonders bei elektrischen Versuchen ist dies deutlich zu bemerken, da der elektrische Reiz bei den meisten Menschen sehr zum Erschrecken disponirt. Offenbar findet also bei diesen Eindrücken, die sich der Reizhöhe nähern, wieder etwas ähnliches wie bei der Reizschwelle statt. Die Aufmerksamkeit vermag sich dem Eindruck nicht mehr zu adaptiren, und zwar bleibt jetzt ihre Spannung unter der Grösse desselben, ebenso wie sie dort unwillkürlich über dieselbe gesteigert wurde[1].

Da die Bedingungen für die willkürliche Innervation bei diesen Beobachtungen im wesentlichen keine anderen sind, als bei der Registrirung solcher Eindrücke, deren Stärke zuvor bekannt ist, so wird man im allgemeinen annehmen dürfen, dass die Verlängerung der Reactionsdauer wesentlich auf Rechnung der Apperception kommt. Diese kann die adäquate Spannung nicht vor dem Eintritt des Reizes annehmen; es wird also dazu eine gewisse Zeit verbraucht, die bei der Reaction auf bekannte Reize ganz oder grossentheils erspart wird.

Die von der Stärke des Reizes abhängigen Veränderungen der Perceptions- und Reactionsdauer können wir uns gemäss den obigen Betrachtungen etwa durch die Fig. 151 veranschaulichen, in welcher die Zeiträume als Ordinaten auf eine Abscissenlinie $x\ x'$ aufgetragen sind, welche die Reizstärken abmisst. Stellen wir zunächst, mit Vernachlässigung der Leitungsvorgänge, den Gesammtwerth der in der physiologischen Zeit gemessenen Perceptions- und Reactionsdauer durch die ausgezogene Curve $r\ r'$ dar, so beginnt diese bei dem Schwellenwerthe a des Reizes in verhältnissmässig bedeutender Höhe, um zuerst rasch und dann allmälig langsamer zu sinken bis zu einer der Reizhöhe m nahe gelegenen Grenze h, bei der sie sich plötzlich von neuem erhebt. Suchen wir nun daraus die einzelnen Zeiträume der Perception und Reaction zu gewinnen, so werden sich die Veränderungen des ersten höchst wahrscheinlich durch eine Curve $p\ p'$ darstellen lassen, welche anfangs schneller

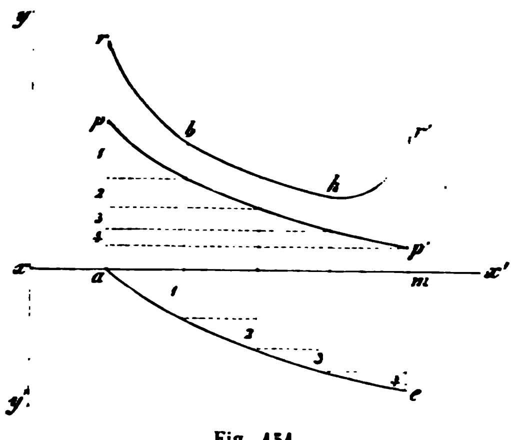


Fig. 151.

[1] In Bezug auf diese Wirkung des Erschreckens befinde ich mich mit dem neuesten Experimentator über unsern Gegenstand, mit Exner, in Widerspruch, welcher bemerkt, dass im Gegentheil beim Erschrecken eine Verkürzung der physiologischen Zeit eintrete (a. a. O. S. 619). Es mag diese Differenz darin ihren Grund haben, dass bei Exner nur erst die bei Verstärkung des Reizes eintretende Verkürzung der Perceptionsdauer zur Wirkung kam.

und dann immer langsamer sinkt, um in der Gegend der Reizhöhe einen constant bleibenden Minimalwerth zu erreichen. Die nähere Gestalt dieser Curve lässt sich selbstverständlich nur vermuthungsweise bestimmen. Als im allgemeinen wahrscheinlich und auch in zureichender Uebereinstimmung mit der Beobachtung stehend wird man aber wohl die Annahme betrachten können, dass die Perceptionsdauer der Intensität der Wirkung, welche der Eindruck auf das Bewusstsein äussert, umgekehrt proportional sei, und dass hinwiederum die Wirkung des Eindrucks auf das Bewusstsein durch die Intensität der Empfindung gemessen werde. Nun ist die Abhängigkeit der Empfindung vom äusseren Eindruck durch das psychophysische Gesetz bestimmt. Reproduciren wir den positiven Theil der in Fig. 69 dargestellten Curve, welche das Wachsthum der Empfindung mit dem Reize darstellt, durch die unter die Abscissenlinie gelegte Curve *a e* (Fig. 151), so werden demnach die Ordinaten der Curve *p p'* von ihrem Maximalwerthe *a p* bei der Reizschwelle an proportional den Unterschieden 1, 2, 3 . . . von *a e* abnehmen, d. h. die allgemeine Gestalt von *p p'* wird eine Umkehrung der Curve *a e* sein. Die Veränderungen der Reactionszeit endlich werden durch die zwischen *p p'* und *r r'* gelegenen Ordinatenwerthe gemessen. Diese sind für Eindrücke, welche weder der Reizschwelle noch der Reizhöhe nahekommen, von *b* bis *h*, von constant bleibender Grösse: es sind dies die Grenzen der vollkommenen Anpassungsfähigkeit der Aufmerksamkeit an die Reizstärke. Zu beiden Seiten derselben steigt die Reactionszeit, denn diesseits *b* findet eine Ueber-, jenseits *h* eine Unteradaptation der Aufmerksamkeit statt.

Mathematisch lassen sich diese Verhältnisse folgendermassen darstellen. Bezeichnen wir durch t die Perceptionsdauer und durch E die Stärke der Empfindung, so nehmen wir $d\,t = c \cdot \frac{1}{d\,E}$ an, wo c eine aus den Versuchen zu bestimmende Constante bedeutet. Dann ist nach S. 307

$$dt = \frac{c}{K} \cdot \frac{R}{dR},$$

$$t = \frac{c}{K} \cdot \frac{1}{\text{log. nat. } R - \text{log. nat. } a}.$$

Die Reactionsdauer ϑ lässt sich dagegen durch eine Function von folgender Form darstellen:

$$\vartheta = k\left(1 + \frac{\alpha}{E}\right) + k'\left(1 + \frac{E}{\beta}\right),$$

worin α eine kleine Zahl, welche nur im Vergleich mit sehr kleinen Werthen der Empfindung E in Betracht kommt, und umgekehrt β eine so grosse Zahl bedeutet, dass der Quotient $\frac{E}{\beta}$ erst bei den Maximalwerthen der Empfindung eine merkliche Grösse erreicht.

Im allgemeinen noch mehr als bei Reizen, deren Stärke zuvor bekannt ist, wird die physiologische Zeit bei völlig unerwarteten Eindrücken verzögert. Diese Bedingung wird bei den Registrirversuchen durch Zufall bisweilen verwirklicht, wenn der Beobachter, statt die Spannung der Aufmerksamkeit dem erwarteten Eindruck zuzuwenden, zerstreut ist.

Absichtlich kann man das nämliche herbeiführen, wenn man in einer längeren Versuchsreihe mit regelmässigen Intervallen der Reize plötzlich, ohne Wissen der Versuchsperson, ein viel kürzeres Intervall nimmt. Auch der subjective Effect ist dabei sehr ähnlich dem Erschrecken; manchmal fährt der Beobachter sichtlich zusammen. Die physiologische Zeit wird bei stärkeren Schalleindrücken leicht bis zu $^1/_4$, bei schwachen manchmal bis zu $^1/_2$ Secunde verzögert. Geringer, aber immer noch sehr merklich ist die Verzögerung, wenn man den Versuch so einrichtet, dass der Beobachter nicht vorher weiss, ob ein Licht-, Schall- oder Tasteindruck stattfinden werde, so dass sich die Aufmerksamkeit keinem bestimmten Sinnesorgane zuwenden kann. Man bemerkt dann zugleich eine eigenthümliche Unruhe, weil das die Aufmerksamkeit begleitende Spannungsgefühl fortwährend zwischen den einzelnen Sinnen hin- und herwandert.

Wie in den zuletzt erwähnten Beobachtungen eine Verzögerung der physiologischen Zeit entsteht, weil das Sinnesgebiet unbestimmt gelassen ist, welchem sich die Aufmerksamkeit zuwenden soll, so kann der nämliche Erfolg auch eintreten, wenn zwar die Sinneseindrücke immer von derselben Art sind, aber das Bewegungsorgan, mit welchem man die registrirende Bewegung ausführen soll, so lange unbestimmt gelassen wird, bis der Eindruck stattfindet. Versuche dieser Art sind von Donders und de Jaager ausgeführt worden[1]. In einer ersten Versuchsreihe wurden auf beide Füsse Elektroden gesetzt und mit der Reizung unregelmässig gewechselt; jede Reizung wurde aber mit der Hand der gleichen Seite registrirt. In andern Versuchen wurde bald ein rother, bald ein weisser Lichteindruck hervorgebracht und im ersten Fall mit der rechten, im zweiten Fall mit der linken Hand registrirt. Beim Ohr bestand die Reizung in einem gehörten Vocalklang; der Beobachter wiederholte denselben Vocal, und beide Bewegungen wurden auf den zeitmessenden Apparat übertragen. In allen Fällen verglich man die Resultate mit denjenigen, welche bei erwarteter Art des Eindrucks und gegebener Form der Bewegung erhalten wurden. So ergab sich:

Physiologische Zeit.

	Bekannter Eindruck.	Unbekannter Eindruck.	Differenz.
Hautreiz	0,205	0,272	0,067
Lichteindruck . .	0,184	0,356	0,172[2]
Schalleindruck .	0,180	0,250	0,070

[1] De Jaager, de physiologische tijd bij psychische processen. Utrecht 1865. Donders, Archiv f. Anatomie und Physiologie. 1868. S. 657 f.

[2] In andern Versuchsreihen schwankt diese Differenz zwischen 0,122 und 0,184 (de Jaager a. a. O. S. 43, Donders a. a. O. S. 666); bei den Haut- und Gehörseindrücken sind die Abweichungen unbedeutender.

Es ist nun nicht zu übersehen, dass in jedem dieser Fälle die Versuchsbedingungen nicht unbeträchtlich von einander abweichen, und dass daher die Differenz der physiologischen Zeit zwischen dem erwarteten und dem unerwarteten Eindruck nicht jedesmal dieselbe Bedeutung hat. Indem bei den Tastversuchen auf die Reizung einer jeden Seite die reagirende Bewegung mit der Hand der nämlichen Seite geschieht, bildet sich hier eine feste Association aus, welche offenbar durch die centrale Reflexverbindung des Tastorgans mit den Sceletmuskeln begünstigt wird. Der ähnliche Fall liegt vor bei der Registrirung von Vocalklängen durch das Nachsprechen derselben. Hier benützen wir die an und für sich schon bestehende Association zwischen den Schalleindrücken und den Muskeln des Sprachorgans. Ganz anders liegt die Sache bei den Lichtreizen. Dass man z. B. auf rothe Eindrücke mit der linken, auf weisse mit der rechten Hand registriren wolle, ist ganz willkürlich nur für diese Versuche festgesetzt; keine bestehende Association kommt uns hier zu Hülfe, und um eine solche neu auszubilden, würde man jedenfalls eine sehr lange Zeit nöthig haben. So beobachtet man denn auch deutlich genug, dass bei den Lichtversuchen immer ein gewisses Besinnen stattfindet, während auf die Tast- und Gehörsreize die Bewegung mit nahezu vollkommener mechanischer Sicherheit erfolgt. Damit hängt wohl auch die von Donders weiterhin gefundene Thatsache theilweise zusammen, dass die durch die Sprache erfolgende Reaction auf ein dem Gesichtssinn gegebenes Vocalzeichen nahezu die doppelte Zeit erfordert als die auf gleiche Weise geschehende Reaction auf den Vocalklang[1]. Die Verbindung zwischen Schriftzeichen und Sprachlaut ist ohne Zweifel nicht ganz so fest und eingeübt wie die zwischen Schall und Sprachlaut. Doch kommt dabei ausserdem in Betracht, dass ein Vocalklang ein einfacherer Sinneseindruck ist als ein Vocalzeichen: es ist also wahrscheinlich, dass hier auch die Perceptionsdauer vergrössert wird. Was dagegen die übrigen Fälle betrifft, in denen Eindrücke von gleich einfacher Beschaffenheit auf die verschiedenen Sinne einwirken, so können wir die Verzögerung der physiologischen Zeit für den unbekannten im Vergleich mit dem bekannten Reiz nicht wohl auf eine Verschiedenheit der Perceptionsdauer beziehen. Ein rother und ein weisser Lichteindruck werden, wie de Jaager auch experimentell bestätigt hat, gleich schnell registrirt, wenn man immer eine und dieselbe Hand zur Ausführung der Bewegung wählt. Ebenso ist nicht anzunehmen, dass die Perceptionszeit für rechte und linke Hautreizung oder für verschiedene Vocalklänge eine verschiedene sei. Auch scheint es nicht wahrscheinlich, dass der Eintritt in das allgemeine Blickfeld des Bewusstseins davon abhänge, ob der Ein-

1) Donders a. a. O. S. 669.

druck zuvor bekannt sei oder nicht. Wohl aber ist es begreiflich, dass sein Eintritt in den Blickpunkt der Aufmerksamkeit hiervon wesentlich bedingt wird. Es ist also anzunehmen, dass wir es hier überall mit Verlängerungen der physiologischen Zeit zu thun haben, welche die Reactionsdauer treffen. Diese letztere steht aber zugleich nicht unter den einfachen Bedingungen, wie sie bei der Reaction auf einen erwarteten Eindruck stattfinden. Während nämlich bei dem letzteren die Spannung der Aufmerksamkeit unmittelbar mit der vorbereitenden Spannung des registrirenden Bewegungsorganes verbunden ist, folgt jetzt der Apperception eine Zwischenzeit, welche erfordert wird, um zwischen den zwei vorbereiteten Bewegungen zu wählen. Es ist also neben der Apperceptionszeit deutlich noch eine Willenszeit zu unterscheiden. Zweifellos kommen nun die Differenzen der physiologischen Zeiten für bekannte und für unbekannte Eindrücke wesentlich auf Rechnung dieser Willenszeit. Aber ausserdem kommt in Betracht, dass solche unbekannte nebenbei immer einigermaassen unerwartete Eindrücke sind, indem auch bei ihnen eine vollkommene Adaptation der Aufmerksamkeit nicht möglich ist. Aus den Versuchen selbst geht hervor, dass die Dauer der Willenszeit wesentlich abhängt von den physiologischen Verbindungen, in welchen die centralen Empfindungsgebiete mit den reagirenden Bewegungswerkzeugen stehen. Wir können daher mit Wahrscheinlichkeit voraussetzen, dass in jenen Fällen, wo die reagirende Bewegung durch die Mechanik des Nervensystems und eingeübte Associationen erleichtert ist, wie bei der Reaction von Handbewegung auf gleichseitige Fussreizung oder von Sprachlaut auf übereinstimmenden Schallreiz, die Verlängerung vorzugsweise auf Rechnung der Apperception zu schreiben ist. Bei den minder erleichterten Bewegungen dürfte dagegen der Willenszeit die wesentliche Rolle zufallen.

Donders hat noch weitere Versuche ausgeführt, durch die er unmittelbar die Zeit der Vorstellungsbildung, also nach den oben gebrauchten Ausdrücken wohl die absolute Apperceptionsdauer, bestimmen zu können glaubte. Er liess nämlich zuerst auf bekannten Vocalklang (*a*), dann auf unbekannten (*b*) mit dem gleichen Laut reagiren und führte ausserdem noch eine dritte Reihe von Versuchen (*c*) aus, bei denen die Mundstellung dauernd einem bestimmten Vocal angepasst war, der aber nur in unregelmässigen Intervallen zwischen andern Vocalklängen angegeben und auf den allein reagirt wurde. Hierbei ist natürlich die physiologische Zeit weniger verlängert als bei der gewöhnlichen Registrirung eines unbekannten Klanges, und zwar beträgt die Differenz $c-a$ durchschnittlich 0,039 Sec. Donders glaubt, dass diese Grösse, also etwa $^1/_{25}$ Sec., als Zeit der Vorstellungsbildung, und die nach Abzug von *c* restirende Zeit *a*, etwa $^1/_{28}$ Sec., als Dauer der Willensbestimmung angenommen werden könne. (Donders a. a. O. S. 572.) Aber diese Voraussetzung ist, wie mir

scheint, nicht einwurfsfrei. Erstens fällt bei den *c*-Versuchen die Wahlzeit nicht völlig weg. Mit Recht bemerkt DONDERS, dass, sobald man mit Spannung auf eine Erscheinung harre, man unwillkürlich auch auf einen andern Eindruck reagire, woraus wir oben gleichfalls geschlossen haben, dass beim Registriren erwarteter Eindrücke die Wahlzeit verschwindend klein sei. Aber bei den *c*-Versuchen von DONDERS verhält sich die Sache eben nicht mehr ganz so; man nimmt sich vor, nur bei einem bestimmten Eindruck die Willensbestimmung eintreten zu lassen, und man kann daher, wenn die Versuche gelingen sollen, die Spannung der Aufmerksamkeit nicht so weit treiben, dass auf jeden beliebigen Eindruck reagirt wird, sondern nach der Apperception des Eindrucks muss noch eine Wahlzeit übrig bleiben. Diese ist also nur verkleinert, aber keineswegs verschwindend klein geworden. Zweitens ist es zweifellos, dass in den Versuchen *a* und *c* sich auch die Apperception unter verschiedenen Bedingungen befindet. Wenn wir nur auf einen bestimmten Eindruck aus einer grösseren Reihe reagiren wollen, so ist auf ihn von vornherein unsere Aufmerksamkeit gespannt. Die Apperceptionsdauer ist also hier sehr wahrscheinlich kleiner, als wenn jeder Eindruck für uns gleichen Werth hat. Demnach ist wohl anzunehmen, dass jene Differenz $c - a$ in der Verkürzung sowohl der Apperceptions- wie der Willenszeit ihren Grund hat, ohne dass aber jemals einer dieser Zeiträume, wie DONDERS annimmt, gleich null würde.

Complicationen anderer Art entstehen in den Bedingungen der physiologischen Zeit, wenn man zwar, wie bei den Fundamentalversuchen (S. 730), von denen wir ausgiengen, nur einen einzigen, in seiner Qualität und Stärke zuvor bekannten Eindruck registriren, daneben aber andere Reize einwirken lässt, welche die Spannung der Aufmerksamkeit erschweren. Hierbei wird stets die physiologische Zeit mehr oder weniger beträchtlich verlängert. Der einfachste Fall solcher Art ist dann vorhanden, wenn ein momentaner Eindruck registrirt wird, während ein dauernder Sinnesreiz von bedeutender Stärke einwirkt. Dieser dauernde Reiz kann entweder dem nämlichen oder einem andern Sinnesgebiet angehören. Es wurde schon bemerkt, dass das erstere bei den Versuchen über Lichtreizung in der Regel stattfindet, und dass die verhältnissmässig lange Dauer der physiologischen Zeit bei derselben vielleicht zum Theil diesem Umstande zuzuschreiben ist[1]). Bei dieser Störung durch gleichartige Eindrücke kann nun die Verlängerung sowohl durch die Ablenkung der Aufmerksamkeit als auch dadurch herbeigeführt werden, dass der Eindruck in Folge des begleitenden Reizes nur noch einen geringen Empfindungsunterschied hervorbringt und also der Reizschwelle nahe gerückt wird. In der That kommen wohl beide Momente in Betracht. Man findet nämlich, dass die Zeit bei Eindrücken von geringerer Intensität durch den begleitenden Reiz mehr verlängert wird als bei stärkeren Reizen. Ich führte Versuche aus, in denen der Haupteindruck in einem Glockenschlag bestand, der durch

[1]) Vgl. S. 731.

druck zuvor bekannt sei oder nicht. Wohl aber ist es begreiflich, dass sein Eintritt in den Blickpunkt der Aufmerksamkeit hiervon wesentlich bedingt wird. Es ist also anzunehmen, dass wir es hier überall mit Verlängerungen der physiologischen Zeit zu thun haben, welche die Reactionsdauer treffen. Diese letztere steht aber zugleich nicht unter den einfachen Bedingungen, wie sie bei der Reaction auf einen erwarteten Eindruck stattfinden. Während nämlich bei dem letzteren die Spannung der Aufmerksamkeit unmittelbar mit der vorbereitenden Spannung des registrirenden Bewegungsorganes verbunden ist, folgt jetzt der Apperception eine Zwischenzeit, welche erfordert wird, um zwischen den zwei vorbereiteten Bewegungen zu wählen. Es ist also neben der Apperceptionszeit deutlich noch eine Willenszeit zu unterscheiden. Zweifellos kommen nun die Differenzen der physiologischen Zeiten für bekannte und für unbekannte Eindrücke wesentlich auf Rechnung dieser Willenszeit. Aber ausserdem kommt in Betracht, dass solche unbekannte nebenbei immer einigermaassen unerwartete Eindrücke sind, indem auch bei ihnen eine vollkommene Adaptation der Aufmerksamkeit nicht möglich ist. Aus den Versuchen selbst geht hervor, dass die Dauer der Willenszeit wesentlich abhängt von den physiologischen Verbindungen, in welchen die centralen Empfindungsgebiete mit den reagirenden Bewegungswerkzeugen stehen. Wir können daher mit Wahrscheinlichkeit voraussetzen, dass in jenen Fällen, wo die reagirende Bewegung durch die Mechanik des Nervensystems und eingeübte Associationen erleichtert ist, wie bei der Reaction von Handbewegung auf gleichseitige Fussreizung oder von Sprachlaut auf übereinstimmenden Schallreiz, die Verlängerung vorzugsweise auf Rechnung der Apperception zu schreiben ist. Bei den minder erleichterten Bewegungen dürfte dagegen der Willenszeit die wesentliche Rolle zufallen.

Donders hat noch weitere Versuche ausgeführt, durch die er unmittelbar die Zeit der Vorstellungsbildung, also nach den oben gebrauchten Ausdrücken wohl die absolute Apperceptionsdauer, bestimmen zu können glaubte. Er liess nämlich zuerst auf bekannten Vocalklang (*a*), dann auf unbekannten (*b*) mit dem gleichen Laut reagiren und führte ausserdem noch eine dritte Reihe von Versuchen (*c*) aus, bei denen die Mundstellung dauernd einem bestimmten Vocal angepasst war, der aber nur in unregelmässigen Intervallen zwischen andern Vocalklängen angegeben und auf den allein reagirt wurde. Hierbei ist natürlich die physiologische Zeit weniger verlängert als bei der gewöhnlichen Registrirung eines unbekannten Klanges, und zwar beträgt die Differenz $c-a$ durchschnittlich 0,039 Sec. Donders glaubt, dass diese Grösse, also etwa $^1/_{25}$ Sec., als Zeit der Vorstellungsbildung, und die nach Abzug von c restirende Zeit a, etwa $^1/_{28}$ Sec., als Dauer der Willensbestimmung angenommen werden könne. (Donders a. a. O. S. 572.) Aber diese Voraussetzung ist, wie mir

scheint, nicht einwurfsfrei. Erstens fällt bei den *c*-Versuchen die Wahlzeit nicht völlig weg Mit Recht bemerkt Donders, dass, sobald man mit Spannung auf eine Erscheinung harre, man unwillkürlich auch auf einen andern Eindruck reagire, woraus wir oben gleichfalls geschlossen haben, dass beim Registriren erwarteter Eindrücke die Wahlzeit verschwindend klein sei. Aber bei den *c*-Versuchen von Donders verhält sich die Sache eben nicht mehr ganz so; man nimmt sich vor, nur bei einem bestimmten Eindruck die Willensbestimmung eintreten zu lassen, und man kann daher, wenn die Versuche gelingen sollen, die Spannung der Aufmerksamkeit nicht so weit treiben, dass auf jeden beliebigen Eindruck reagirt wird, sondern nach der Apperception des Eindrucks muss noch eine Wahlzeit übrig bleiben. Diese ist also nur verkleinert, aber keineswegs verschwindend klein geworden. Zweitens ist es zweifellos, dass in den Versuchen *a* und *c* sich auch die Apperception unter verschiedenen Bedingungen befindet. Wenn wir nur auf einen bestimmten Eindruck aus einer grösseren Reihe reagiren wollen, so ist auf ihn von vornherein unsere Aufmerksamkeit gespannt. Die Apperceptionsdauer ist also hier sehr wahrscheinlich kleiner, als wenn jeder Eindruck für uns gleichen Werth hat. Demnach ist wohl anzunehmen, dass jene Differenz $c - a$ in der Verkürzung sowohl der Apperceptions- wie der Willenszeit ihren Grund hat, ohne dass aber jemals einer dieser Zeiträume, wie Donders annimmt, gleich null würde.

Complicationen anderer Art entstehen in den Bedingungen der physiologischen Zeit, wenn man zwar, wie bei den Fundamentalversuchen (S. 730), von denen wir ausgiengen, nur einen einzigen, in seiner Qualität und Stärke zuvor bekannten Eindruck registriren, daneben aber andere Reize einwirken lässt, welche die Spannung der Aufmerksamkeit erschweren. Hierbei wird stets die physiologische Zeit mehr oder weniger beträchtlich verlängert. Der einfachste Fall solcher Art ist dann vorhanden, wenn ein momentaner Eindruck registrirt wird, während ein dauernder Sinnesreiz von bedeutender Stärke einwirkt. Dieser dauernde Reiz kann entweder dem nämlichen oder einem andern Sinnesgebiet angehören. Es wurde schon bemerkt, dass das erstere bei den Versuchen über Lichtreizung in der Regel stattfindet, und dass die verhältnissmässig lange Dauer der physiologischen Zeit bei derselben vielleicht zum Theil diesem Umstande zuzuschreiben ist[1]). Bei dieser Störung durch gleichartige Eindrücke kann nun die Verlängerung sowohl durch die Ablenkung der Aufmerksamkeit als auch dadurch herbeigeführt werden, dass der Eindruck in Folge des begleitenden Reizes nur noch einen geringen Empfindungsunterschied hervorbringt und also der Reizschwelle nahe gerückt wird. In der That kommen wohl beide Momente in Betracht. Man findet nämlich, dass die Zeit bei Eindrücken von geringerer Intensität durch den begleitenden Reiz mehr verlängert wird als bei stärkeren Reizen. Ich führte Versuche aus, in denen der Haupteindruck in einem Glockenschlag bestand, der durch

1) Vgl. S. 731.

eine den Hammer spannende Feder und durch ein an demselben verschiebbares Gewicht in seiner Stärke abgestuft werden konnte. In je einer Versuchsreihe wurde dieser Schall in der gewöhnlichen Weise registrirt, in der andern wurde während der ganzen Versuchsdauer ein dauerndes Geräusch hervorgebracht, indem ein mit dem Uhrwerk des Zeitmessungsapparates in Verbindung stehendes Zahnrad sich an einer Metallfeder vorbeibewegte. In der Versuchsreihe *A* war der Glockenschlag mässig stark, so dass er durch das begleitende Geräusch sehr vermindert, aber noch nicht völlig zur Schwelle herabgedrückt wurde: in *B* war der Schall sehr stark, so dass er auch neben dem Geräusch vollkommen deutlich wahrgenommen werden konnte.

		Mittel.	Maximum.	Minimum.	Zahl d. Vers.
A Mässiger Schall	Ohne Nebengeräusch	0.189	0.244	0.156	21
	Mit Nebengeräusch	0.313	0.499	0.183	16
B Starker Schall	Ohne Nebengeräusch	0.158	0.206	0.133	20
	Mit Nebengeräusch	0.203	0.295	0.140	19

Da bei diesen Versuchen der Schall *B* neben dem Geräusch immer noch merklich stärker empfunden wurde als der Schall *A* ohne dasselbe, so muss man wohl hierin einen directen Einfluss des begleitenden Geräusches auf den Vorgang der Reaction erkennen. Dieser Einfluss kommt nun aber erst rein zur Geltung, wenn der dauernde Reiz und der momentane Eindruck disparaten Sinnesgebieten angehören. Ich wählte zu solchen Versuchen den Gesichts- und Gehörssinn. Momentaner Eindruck war ein zwischen zwei Platinspitzen vor dunklem Hintergrunde überspringender Inductionsfunke. Dauernder Reiz war das in der oben angegebenen Weise hervorgebrachte Geräusch.

Lichtfunken.	Mittel.	Maximum.	Minimum.	Zahl der Versuche.
Ohne Nebengeräusch	0,222	0,284	0,158	20
Mit Nebengeräusch	0,300	0,390	0,250	18

Bedenkt man, dass bei den Versuchen mit gleichartigen Reizen immerhin auch noch die Intensität des Haupteindrucks herabgedrückt wird, so macht es diese Beobachtung wahrscheinlich, dass die störende Wirkung auf die Aufmerksamkeit bei disparaten Reizen grösser ist als bei gleichartigen. Dies bestätigt auch die Selbstbeobachtung bei der Ausführung der Versuche. Man findet es nämlich nicht besonders schwer, den zu dem Geräusch hinzutretenden Schall alsbald zu registriren; bei den Lichtversuchen hat man aber das Gefühl, dass man sich von dem Geräusch gewaltsam weg- und dem Gesichtseindruck zuwenden müsse. Diese Thatsache steht wohl mit früher berührten Eigenschaften der Aufmerksamkeit in unmittelbarem Zusammenhang. Die Spannung der letzteren

ist, wie wir sahen, mit verschiedenen sinnlichen Gefühlen verbunden, je nach dem Sinnesgebiet, auf das sie sich richtet[1]. Die Innervation, welche bei der Spannung der Aufmerksamkeit existirt, ist also bei disparaten Eindrücken wahrscheinlich eine verschiedene, vielleicht weil sie von verschiedenen Localitäten im Centralorgan ausgeht.

Ein zweites Verfahren, durch welches sich der wechselseitige Einfluss verschiedener Eindrücke ermitteln lässt, besteht darin, dass man entweder gleichzeitig mit dem Haupteindruck oder durch eine sehr kurze Zwischenzeit von demselben getrennt, sei es vorher sei es nachher, einen zweiten momentanen Reiz einwirken lässt. Auch hier kann dieser zweite Reiz entweder dem nämlichen oder einem disparaten Sinnesgebiete angehören; im ersteren Fall muss er nur hinreichend verschieden von dem ersten sein, damit keine Verwechselung stattfinden könne. An dem unten zu beschreibenden physiologischen Chronoskop (Fig. 154) liessen sich leicht hierauf abzielende Versuchsanordnungen herstellen. Es konnten nämlich die für gewöhnlich fast unhörbaren Schwingungen der kleinen Stimmgabel, welche die Zeitmessung besorgt, deutlich hörbar gemacht werden. Das Entstehen des Tons gab dann einen Eindruck, dessen Zeit durch die Einstellung des Apparates willkürlich variirt werden konnte; in der Regel wurde sie so gewählt, dass sie etwas vor den Zeitpunkt des zu registrirenden Reizes fiel. Dieser bestand wieder in einer Reihe von Versuchen in einem Glockenschlag, in einer andern in einem Inductionsfunken. Stets war der störende Klang bedeutend schwächer als der Haupteindruck. War hierdurch der letztere bevorzugt, so war dies aber wieder dadurch einigermaassen ausgeglichen, dass der Stimmgabelklang vorhergieng. So kam es, dass in einer grösseren Reihe von Versuchen mit gleicher Zeitanordnung immer drei Fälle zu unterscheiden waren: 1) solche wo der störende Klang v o r dem Haupteindruck gehört wurde, 2) solche wo er g l e i c h z e i t i g mit demselben und 3) solche wo er n a c h h e r gehört wurde. Natürlich muss, wenn diese drei Fälle neben einander sollen eintreten können, der Zeitunterschied der beiden Eindrücke unterhalb einer gewissen Grenze bleiben. Hier aber liegt schon in der Beobachtung selbst, dass sich bei gleichbleibendem Zeitverhältniss der objectiven Reize die zeitliche Auffassung derselben verschieben kann, ein bemerkenswerthes Resultat. Diese Beobachtung zeigt nämlich, dass die Succession unserer Sinneswahrnehmungen nicht einmal ihrer Richtung nach mit der Succession der Sinnezreize übereinstimmen muss, sondern dass ein in Wirklichkeit nachfolgender Eindruck möglicher Weise anticipirt werden kann. Die Selbstbeobachtung lässt den Ursprung dieser Täuschungen nicht zweifelhaft: sie beruhen auf der wechselnden Spannung der Aufmerksamkeit.

---

[1] Vergl. S. 721 f.

Bei der oben geschilderten Anordnung der Versuche wird, wenn diese Spannung sehr klein ist, regelmässig der zuerst entstehende Eindruck, der Stimmgabelklang, auch zuerst wahrgenommen. Sobald aber die dem Haupteindruck zugewandte Spannung bis zu einer gewissen Grenze angewachsen ist, so vermag dieselbe den in Wirklichkeit späteren Reiz doch gleichzeitig oder sogar früher in den Blickpunkt des Bewusstseins zu heben. Je grösser die Aufmerksamkeit, um so bedeutender wird die Zeitdifferenz, die von ihr überwunden werden kann. Neben dieser Erscheinung, die sich uns noch bei ganz andern Verfahrungsweisen bestätigen wird, findet man nun die andere, dass die Reihenfolge, in welcher die Eindrücke wahrgenommen werden, auf die Dauer der physiologischen Zeit von grossem Einfluss ist. Wird der störende Klang erst nach dem Haupteindruck gehört, so ist die physiologische Zeit des letzteren nicht grösser als unter den gewöhnlichen einfachen Bedingungen: der Eindruck wird so aufgefasst, als wenn der störende Nebenklang gar nicht existirte. Ebenso beobachtet man keine merkliche Abweichung bei gleichzeitiger Auffassung. Wird dagegen der störende Klang vor dem Haupteindruck wahrgenommen, so ist die physiologische Zeit immer vergrössert, wie die folgenden Beispiele zeigen.

	Störender Klang:	Mittel.	Maximum.	Minimum.	Zahl d. Vers.
A Schallversuche	gleichzeitig oder nachher gehört	0,176	0,237	0,140	8
	vorher gehört	0,228	0,359	0,159	12
B Lichtversuche	gleichzeitig oder nachher gehört	0,218	0,284	0,158	17
	vorher gehört	0,250	0,291	0,212	23

Bei den disparaten Eindrücken wurde der Lichtreiz, der zu registriren war, häufiger gleichzeitig mit dem störenden Klang als nach demselben wahrgenommen; bei den gleichartigen Eindrücken trat die synchronische Auffassung seltener ein. Ferner macht sich bei allen diesen Versuchen deutlich eine gewisse Gewohnheit des Beobachtens geltend. Hat man die Eindrücke bei einem ersten Versuch in einer bestimmten Folge wahrgenommen, so ist die Wahrscheinlichkeit sehr gross, dass sie in dem nächsten Versuch in der nämlichen Folge aufgefasst werden. Die Spannung der Aufmerksamkeit tritt also, wie dies auch die Selbstbeobachtung bestätigt, vorzugsweise leicht in der ihr einmal angewiesenen Richtung ein. Geschieht plötzlich durch zufällige oder absichtliche Aenderung der Beobachtungsweise eine Umkehrung in der bisherigen Reihenfolge der Wahrnehmungen, so pflegt bei dem ersten Versuch dieser Art die physiologische Zeit unter allen Umständen vergrössert zu sein, auch wenn die Aenderung so geschieht, dass der Haupteindruck vor den störenden Reiz

tritt. Es entspricht dies aber der weiteren Thatsache, dass die ersten Beobachtungen einer neuen Versuchsreihe häufig eine grössere physiologische Zeit ergeben als die folgenden. Erst durch Uebung gewinnt also die Aufmerksamkeit für eine bestimmte Auffassungsweise die möglichst günstige Anpassung.

Die Verlängerung der physiologischen Zeit durch die Interferenz des Haupteindrucks mit dauernden oder mit momentanen Reizen kann, wenn wir von dem Fall absehen, wo der störende Reiz gleichartig ist und den Eindruck gegen die Schwelle herabdrückt, wieder nicht wohl in der Perceptionsdauer ihren Grund haben. Im allgemeinen Blickfeld des Bewusstseins wird ein Lichtblitz von gegebener Stärke in derselben Zeit aufleuchten, ob ihn ein Geräusch begleitet oder nicht. Wohl aber kann die Apperception desselben durch einen solchen Nebeneindruck, der fortwährend die Aufmerksamkeit auf sich zu ziehen strebt, wesentlich beeinträchtigt werden. Ferner entsteht die Frage, ob nicht in allen diesen Fällen ausserdem noch die Willenszeit verlängert ist. Sobald ein störender Nebeneindruck stattfindet, ist es unmöglich die Spannung der Aufmerksamkeit bis zu ihrem höchsten Grade zu steigern, weil man in diesem Falle jeden Eindruck, auch den nicht beabsichtigten, also den störenden Reiz selbst, registriren würde vergl. S. 735). Es zeigt sich nun aber gerade bei diesen Versuchen sehr deutlich, wie innig die beiden Vorgänge der Apperception und der Willenserregung mit einander zusammenhängen. Die Aufmerksamkeit so anzuspannen, dass Auffassung des Eindrucks und Willenserregung unmittelbar eins sind, daran hindert eben der gleichzeitig bestehende oder voraufgegangene störende Reiz. Ist jedoch der Eindruck in den Blickpunkt des Bewusstseins getreten, so hat damit auch wahrscheinlich immer die Willenserregung ihre erforderliche Höhe erreicht, weil in den vorliegenden Fällen nicht zugleich eine Wahl zwischen verschiedenen Bewegungen gefordert ist. Da also bei unsern Störungsversuchen durch die ablenkende Wirkung des störenden Reizes auf die Aufmerksamkeit von selbst schon die Vermeidung falscher Registrirung erreicht wird, so ist es wenigstens nicht nothwendig dabei neben der vergrösserten Apperceptionsdauer noch eine vergrösserte Willenszeit anzunehmen. Mit jenem Anwachsen der Spannung, welches zum Eintritt des Eindrucks in den Blickpunkt erfordert wird, kann vollkommen gleichzeitig das Anwachsen der Willenserregung verbunden, und es kann so die Zwischenzeit, wie bei der gewöhnlichen Reaction auf erwartete Eindrücke, verschwindend klein sein. Uebrigens ist zu bemerken, dass zuweilen auch in diesen Versuchen unwillkürlich die Spannung der Aufmerksamkeit zu bedeutend wird, so dass man in der That statt des Haupteindrucks den störenden Reiz registrirt.

dauer sein [1]. Mit der Complication des Eindrucks nimmt diese Zeit beträchtlich zu. Als z. B. BAXT einfachere und complicirtere Curven als Object benützte, verhielten sich die gebrauchten Zeiten wie 1 : 5 [2]. Auch die Ausdehnung des Eindrucks ist von bedeutendem Einfluss: grosse Buchstaben können z. B. schon bei einer Zeitdauer gelesen werden, bei der kleine nicht einmal als Buchstaben erkannt werden; es ist aber wohl möglich, dass dies von der Accommodation des Auges herrührt, weil kleinere Objecte zu ihrer Erkennung eine schärfere Accommodation nöthig machen als grosse [3]. Endlich übt auch der Contrast mit den übrigen im Blickfeld gelegenen Eindrücken eine gewisse Wirkung aus, indem die Apperceptionsdauer um so kürzer wird, je grösser der Beleuchtungsunterschied des wahrzunehmenden Objectes von seiner Umgebung ist [4].

Bei diesen und ähnlichen Beobachtungen gehen die beiden einander folgenden Eindrücke continuirlich in einander über: zwischen dem ersten und zweiten Reiz findet sich objectiv keine Zwischenzeit, denn in dem Moment, wo der zweite Reiz entsteht, ist die von der Nachwirkung des ersten herrührende Empfindung noch nicht erloschen. Trotzdem ist deutlich ein kleines Intervall zu bemerken, in welchem keiner der beiden Eindrücke mit Bestimmtheit aufgefasst wird. Es bestätigt sich also hier der im allgemeinen schon hervorgehobene Satz [5], dass die Zeit ein discretes Gebilde sei: den Wechsel der Vorstellungen fassen wir überall als einen unstetigen auf, auch wenn die verursachenden Eindrücke vollkommen stetig in einander übergehen. Es gibt nur einen einzigen Fall, wo auch unsere Vorstellung den Veränderungen des Eindrucks stetig nachfolgt: wenn nämlich diese entweder in stetigen Veränderungen der Qualität und Stärke oder in einem stetigen Ortswechsel im Raume bestehen. Hierbei handelt es sich aber in Wahrheit nicht eigentlich um einen Wechsel von Vorstellungen sondern nur um die stetige Veränderung einer einzigen Vorstellung. Ueberall dagegen wo an die Stelle eines gegebenen Eindrucks ein anderer verschiedenartiger tritt, da schieben wir ein kleines Intervall zwischen unsere Vorstellungen. Dieses Gesetz des discreten Wechsels der Vorstellungen beruht nun ganz und gar auf dem Wesen der

---

1) BAXT a. a. O. S. 330.
2) Die Curven, welche als Objecte dienten, waren Schwingungscurven der LISSAJOUschen Stimmgabel (S. 331).
3) Ausserdem kann dabei die Lage des Bildes auf der Netzhaut in Betracht kommen. Nach EXNER's Beobachtungen wird ein Contour dann am schärfsten wahrgenommen, wenn sein Bild etwa um 0,29 Mm. vom Netzhautcentrum entfernt liegt. Diese Stelle der schärfsten Wahrnehmung fällt nicht mit der empfindlichsten Stelle zusammen, welche nach EXNER etwa 1,38 Mm. vom Mittelpunkt abliegt. (EXNER, a. a. O. S. 627, 631.)
4) BAXT a. a. O. S. 334.
5) Seite 684.

Apperception. Unsere Aufmerksamkeit braucht eine gewisse Zeit, um von einem Eindruck zu einem andern überzugehen. So lange der erste Eindruck dauert, ist ihm die ganze Spannung der Aufmerksamkeit zugewandt: diese kann also nicht vorbereitend anwachsen, um den zweiten im selben Moment, wo er einwirkt, schon zu erfassen. Es vergeht daher eine Zwischenzeit, in welcher der erste Eindruck noch nachwirkt und der zweite sich gegen ihn aufarbeitet. Diese Zeit, die uns im allgemeinen als ein leerer oder doch unbestimmt ausgefüllter Zwischenraum zwischen den zwei deutlichen Vorstellungen zum Bewusstsein kommt, kann nun unter Umständen null werden, so dass die Eindrücke gleichzeitig zu sein scheinen, oder sie kann sogar negative Werthe annehmen, wo der spätere Eindruck früher vorgestellt wird.

Eine solche Umkehrung in der Reihenfolge der Vorstellungen ist, wie aus unsern früheren Versuchen hervorgeht[1]), sowohl zwischen disparaten wie zwischen gleichartigen Sinneseindrücken möglich. So kann ein Lichtblitz vor oder nach dem gleichzeitig einwirkenden Tone gehört werden, aber auch ein Schall kann unter besonders günstigen Bedingungen in Bezug auf sein Zeitverhältniss zu einem andern Gehöreindruck verschoben werden. Die Beobachtung, dass man zuweilen beim Aderlass mit dem Schnepper diesen später in die Haut ein- als das Blut hervordringen sieht[2]), gehört ebenfalls zu diesen Verschiebungen der Reihenfolge im nämlichen Sinnesgebiet. Bedingung zu ihrem Eintritt ist stets, dass die Aufmerksamkeit vorzugsweise der einen der beiden Vorstellungen zugekehrt sei, wobei ausserdem die Stärke des Reizes wesentlich seine Bevorzugung begünstigt. Es ist aber keineswegs nothwendig, dass eine solche Zwischenzeit existire, sondern es können selbst bei sehr gespannter Aufmerksamkeit beide Eindrücke gleichzeitig in den Blickpunkt des Bewusstseins treten: es ist dazu nur erforderlich, dass dieselbe möglichst gleichmässig auf die zwei Eindrücke gespannt sei, was eben bei den bisher angeführten Beobachtungen gerade nicht stattfand. Einen Fall aber, wo die Bedingungen entgegengesetzter Art sind, haben wir gleichfalls schon kennen gelernt: er liegt in jenen Versuchen vor, wo man einen signalisirten Eindruck möglichst gleichzeitig zu registriren sucht und dies an der Gleichzeitigkeit der Innervations- und Tastempfindung abmisst (S. 737). Wir sahen, dass hier nicht nur in der Selbstbeobachtung die Auffassung der verschiedenen Sinne sich meistens als eine gleichzeitige darstellt, sondern dass auch zuweilen die Registrirung wirklich eine gleichzeitige ist. Die Schwierigkeit dieser Beobachtungen und die verhältnissmässige Seltenheit, mit der es gelingt die physiologische Zeit ganz zum Verschwinden zu bringen, zeigt aber schon,

---

1) Vergl. S. 748.

2) FECHNER, Psychophysik II, S. 433.

dass es sehr schwer ist, auch nur zwei verschiedene Vorstellungen neben einander bei möglichst gespannter Aufmerksamkeit im Blickpunkt des Bewusstseins festzuhalten. Zugleich muss daran erinnert werden, dass, wie früher schon hervorgehoben[1], man dabei immer die verschiedenen Vorstellungen in eine gewisse Verbindung bringt, sie also zu Bestandtheilen einer einzigen complexen Vorstellung gestaltet. Bei den erwähnten Registrirversuchen ist es mir z. B. nicht selten, als wenn ich den Schall, den die Kugel auf dem Fallbrett hervorbringt, selbst durch meine Registrirbewegung erzeugte.

Wichtig für das Wesen der Zeitanschauung ist es nun aber, dass bei der zeitlichen Lagebestimmung zweier Vorstellungen, welche gleichzeitigen oder durch ein sehr kurzes Intervall getrennten Eindrücken entsprechen, von den drei denkbaren Fällen, Gleichzeitigkeit, stetigem und unstetigem Uebergang, nur der erste und der letzte vorkommen, nicht der zweite. Sobald wir die Eindrücke nicht gleichzeitig auffassen, wobei wir sie in eine Complexion vereinigen, bemerken wir immer eine kürzere oder längere Zwischenzeit, die dem Sinken der einen und dem Steigen der andern Vorstellung zu entsprechen scheint. Hierin gibt sich eben deutlich die an sich discrete Natur unserer Zeitanschauung zu erkennen. Ihre letzte Quelle hat diese in dem Wesen der Apperception. Unsere Aufmerksamkeit kann sich möglicher Weise zwei Eindrücken gleichmässig anpassen: dann treten diese in eine Vorstellung zusammen. Oder sie kann nur einem Eindruck genügend adaptirt sein, um denselben sehr rasch nach seiner Einwirkung zu appercipiren: dann hat der zweite Eindruck eine gewisse Zeit der Latenz nöthig, während deren die Spannung der Aufmerksamkeit für ihn wächst und für den ersten sich vermindert. Jetzt werden die Eindrücke als zwei Vorstellungen wahrgenommen, die in dem Verhältniss der Succession zu einander stehen, d. h. durch ein Zeitintervall getrennt sind, in welchem die Aufmerksamkeit auf keinen zureichend adaptirt ist, um ihn zur Apperception zu bringen. Es erinnert dies an Beobachtungen, welche uns bei Gelegenheit der Vorstellungsbildung in den Erscheinungen des Glanzes und des Wettstreits der Sehfelder[2] schon entgegengetreten sind. Auch sie deuten darauf hin, dass wir alle gleichzeitig von der Aufmerksamkeit erfassten Eindrücke in eine mehr oder weniger zusammengesetzte Vorstellung vereinigen, dass wir aber, wo diese Vereinigung durch irgend welche Bedingungen gehindert ist, die gleichzeitig gegebenen Eindrücke in eine Succession des Vorstellens auflösen. Für die Bewegung der Aufmerksamkeit sind endlich alle diese Thatsachen von grosser Wichtigkeit.

---

1) Seite 719.

2) Vergl. S. 623.

Wir haben uns diese Bewegung als Wanderung eines Blickpunktes von wechselnder Ausdehnung und von einer im umgekehrten Verhältniss zur Ausdehnung wechselnden Helligkeit über das Blickfeld gedacht. Die successive Anpassung an verschiedene Eindrücke können wir uns nun so vorstellen, dass der innere Blickpunkt, wenn er von einer Vorstellung zu einer andern übergeht, sich immer zuerst über einen beträchtlichen Theil des ganzen Blickfeldes ausdehnt und hierauf an einer andern Stelle desselben wieder verengert. Auch darin verhält sich also das innere Blickfeld wesentlich verschieden von dem äussern des Auges. Von einem ersten zu einem davon entfernten zweiten Lichteindruck können wir nur übergehen, indem der Blickpunkt zwischenliegende Eindrücke streift. Wenn aber die Apperception von einer Vorstellung zur andern eilt, so verschwindet dazwischen alles in dem Halbdunkel des allgemeinen Bewusstseins.

Neuen Bedingungen begegnet der Vorgang der Apperception endlich dann, wenn eine Reihe in regelmässigem Wechsel verlaufender Vorstellungen gegeben ist und in diese Reihe nun irgend ein anderer Eindruck eingeschoben wird. Hier entsteht die Frage: mit welchem Glied der Vorstellungsreihe wird die hinzutretende Vorstellung durch die Apperception verbunden? Fällt sie regelmässig mit demjenigen zusammen, mit welchem der äussere Eindruck gleichzeitig ist, oder können Abweichungen hiervon stattfinden? — Auch hier ist der hinzutretende Eindruck entweder ein gleichartiger oder ein disparater Reiz. Ist derselbe gleichartig, tritt z. B. ein Gesichtsreiz in eine Reihe von Gesichtsvorstellungen, ein Schallreiz in eine Reihe von Gehörsvorstellungen, so vermag zwar ebenfalls die Apperception die Reihenfolge der Vorstellungen zu verschieben. Solches findet aber ganz innerhalb der engen Grenzen statt, in der sich dies bei der Einwirkung zweier isolirter Eindrücke ereignen kann, so dass zwischen der Verbindung der Vorstellungen und der wirklichen Verbindung der Eindrücke keine oder kaum merkliche Differenzen gefunden werden. Ist dagegen der hinzutretende Eindruck ein disparater Reiz, so ergeben sich sehr bedeutende Zeitverschiebungen der Vorstellung, welche in hohem Grade unsere Beachtung verdienen.

Am zweckmässigsten ist es bei diesen Versuchen als Vorstellungsreihe eine Anzahl von Gesichtsvorstellungen, welche man sich leicht mittelst eines bewegten Objectes verschaffen kann, und als hinzutretenden disparaten Eindruck einen Schallreiz zu wählen. Man lässt z. B. vor einer kreisförmigen Scala einen Zeiger mit gleichförmiger und hinreichend langsamer Geschwindigkeit sich bewegen, so dass die Einzelbilder desselben nicht verschmelzen, sondern seine Stellung in jedem Momente deutlich aufgefasst

werden kann. Dem Uhrwerk, welches den Zeiger dreht, gibt man eine solche Einrichtung, dass bei jeder Umdrehung ein einmaliger Glockenschlag ausgelöst wird, dessen Eintrittszeit beliebig variirt werden kann, so dass der Beobachter niemals zuvor weiss, wann der Glockenschlag wirklich stattfindet. Es sind nun bei diesen Beobachtungen drei Dinge möglich: entweder kann der Glockenschlag genau im selben Moment appercipirt werden, in welchem der Zeiger zur Zeit des Schalls steht; in diesem Fall findet also keine Zeitverschiebung statt. Oder der Schall kann mit einer späteren Zeigerstellung combinirt werden: dann werden wir, falls der Zeitunterschied so bedeutend ist, dass er nicht bloss auf die Fortpflanzungsvorgänge bezogen werden kann, eine Zeitverschiebung der Vorstellungen annehmen müssen, die wir, wenn der Schall später appercipirt wird, als er wirklich stattfindet, positiv nennen wollen. Endlich kann aber auch der Glockenschlag mit einer Zeigerstellung combinirt werden, welche früher liegt, als der wirkliche Schall: hier werden wir die Zeitverschiebung eine negative nennen. Das scheinbar natürlichste, am meisten der Voraussicht gemässe scheint wohl die positive Zeitverschiebung zu sein, da wir vermuthen dürfen, dass zur Apperception immer eine gewisse Zeit erfordert wird. Man könnte denken, dass diese Versuche sogar die einwurfsfreieste Methode abgeben möchten, um die wirkliche Apperceptionsdauer beim Wechsel disparater Vorstellungen zu bestimmen, weil bei ihnen die Zeit der Willenserregung wieder gar nicht in's Spiel kommt. Aber der Erfolg zeigt, dass gerade das Gegentheil richtig ist. Der weitaus häufigste Fall ist, dass die Zeitverschiebung negativ wird, dass also der Schall anscheinend früher gehört wird, als er wirklich stattfindet. Viel seltener ist sie null oder positiv. Zu bemerken ist übrigens, dass bei allen diesen Versuchen die sichere Combination des Schalls mit einer bestimmten Zeigerstellung eine gewisse Zeit erfordert, und dass dazu niemals etwa eine einzige Umdrehung des Zeigers genügt. Es muss also die Bewegung eine längere Zeit hindurch vor sich gehen, wobei auch die Schalleindrücke eine regelmässige Reihe bilden, so dass immer ein gleichzeitiges Ablaufen zweier disparater Vorstellungsreihen stattfindet, deren jede durch ihre Geschwindigkeit die Erscheinung beeinflussen kann. Dabei bemerkt man, dass zuerst der Schall nur im allgemeinen in eine gewisse Region der Scala verlegt wird, und dass er sich erst allmälig bei einer bestimmten Zeigerstellung fixirt. Ein auf solche Weise durch Beobachtung bei mehreren Umdrehungen zu Stande gekommenes Resultat bietet übrigens noch keine zureichende Sicherheit. Denn zufällige Combinationen der Aufmerksamkeit spielen hier eine grosse Rolle. Wenn man sich vornimmt, den Glockenschlag mit irgend einer willkürlich gewählten Zeigerstellung zu verbinden, so gelingt dies gar nicht schwer, falls man nur diese Stellung nicht zu weit von dem

wirklichen Ort des Schalls wählt. Verdeckt man ferner die ganze Scala mit Ausnahme eines einzigen Theilstrichs, vor welchem man nun den Zeiger vorbeigehen sieht, so ist man sehr geneigt, den Glockenschlag gerade mit dieser wirklich gesehenen Stellung zu combiniren, und zwar kann dabei leicht ein Zeitintervall von mehr als $^1/_4$ Secunde ignorirt werden. Brauchbare Resultate lassen sich also nur aus lange fortgesetzten sehr zahlreichen Versuchen gewinnen, in denen sich nach dem Gesetz der grossen Zahlen solche unregelmässige Schwankungen der Aufmerksamkeit immer mehr ausgleichen, so dass die wahren Gesetze ihrer Bewegung deutlich hervortreten können. Obgleich meine Versuche sich, mit freilich vielen unvermeidlichen Unterbrechungen, über eine lange Reihe von Jahren erstrecken, so sind sie daher doch noch nicht zahlreich genug, um alle Verhältnisse zu erschöpfen; immerhin lassen sie die Hauptgesetze erkennen, welchen die Apperception unter den angegebenen Bedingungen folgt. Ich habe diese Versuche theils an einer Scheibe, vor welcher ein Zeiger mit constanter, übrigens zwischen gewissen Grenzen zu variirender Geschwindigkeit sich bewegte, theils an einem Pendel ausgeführt, dessen Schwingungsdauer man durch ein schweres an der Pendelstange verschiebbares Gewicht zwischen 1 und 1,75 Secunden verändern konnte (s. unten Fig. 155). Die Versuche an dem ersten Apparat sind nicht zahlreich genug, doch sind sie hinreichend, um die Abhängigkeit der Zeitverschiebung von der Geschwindigkeit der Vorstellungsreihe erkennen zu lassen. Eine grössere Zahl von Versuchen wurde an dem zweiten Apparat ausgeführt; sie lassen ausser der Abhängigkeit von der einfachen Geschwindigkeit auch den Einfluss der Geschwindigkeitsänderung erkennen, da bei jeder halben Pendelschwingung zuerst die Geschwindigkeit in der Aufeinanderfolge der Zeigerstellungen bis zu einem Maximum zu- und dann wieder abnimmt.

Wir müssen nun bei diesen Beobachtungen unterscheiden: 1) die Veränderungen, welche die Zeitverschiebung *ihrem Sinne nach* erfährt, also die Verhältnisse ihrer positiven, negativen und Nullwerthe, und 2) die Schwankungen, welche sie in *Bezug auf ihre Grösse* darbietet. In ersterer Hinsicht zeigt sich die *Geschwindigkeit der ablaufenden Vorstellungsreihe* vom wesentlichsten Einflusse. Sobald diese Geschwindigkeit eine gewisse Grenze überschreitet, gewinnt die Zeitverschiebung *positive*, unter dieser Grenze hat sie fast ausnahmslos *negative* Werthe. Bei jener Zeitgrenze selbst ist sie bald positiv, bald negativ und zuweilen völlig null. Hier sind also die günstigsten Bedingungen gegeben, um in einer grössern Zahl von Beobachtungen die wirkliche Zeit des Eindrucks wahrzunehmen, zugleich ist aber die mittlere Variation sehr bedeutend. Bei einer Scheibe von 16 Cm. Halbmesser, an deren Peripherie jeder zehnte Winkelgrad durch einen Theilstrich bezeichnet war, fand ich

den angegebenen Grenzwerth etwa erreicht, wenn die Umdrehungsgeschwindigkeit gerade 1 Secunde, also das Zeitintervall zwischen je zwei Glockenschlägen ebenfalls 1 ″, dasjenige zwischen zwei Gesichtszeichen $^1/_{36}$ ″ betrug. Bei noch grösserer Geschwindigkeit wurde der Schalleindruck meistens erst mit einem später kommenden, bei kleinerer Geschwindigkeit wurde er fast regelmässig mit einem vorangehenden Theilstrich combinirt. Ist die Geschwindigkeit der Vorstellungsreihen veränderlich, so ist dann ausserdem die im Moment des hinzutretenden Eindrucks vorhandene Geschwindigkeitsänderung von Einfluss. Man ist nämlich geneigt, in solchen Augenblicken, in denen die Geschwindigkeit zunimmt, eine negative, wo dagegen die Geschwindigkeit abnimmt, eine positive Zeitverschiebung eintreten zu lassen, also immer den hinzutretenden Eindruck mit den langsamer vorübergehenden Gliedern der Reihe zu verbinden. Dies zeigen die Versuche am Pendel, aus denen ich in der nachfolgenden kleinen Tabelle eine Zusammenstellung gebe. Dabei ist zu bemerken, dass die Geschwindigkeit der Pendelschwingungen nur eben der Grenze nahe gebracht werden konnte, bei welcher positive Zeitverschiebung eintritt, so dass im allgemeinen die negative bevorzugt ist. Die Versuche sind nach den Werthen der Geschwindigkeit c, die in der ersten Horizontalcolumne verzeichnet sind, und nach den Werthen der Geschwindigkeitsänderung c', die in der ersten Verticalcolumne links stehen, geordnet; c' ist positiv genommen, wenn die Geschwindigkeit zunimmt, negativ, wenn sie abnimmt. Die einzelnen Fälle positiver und negativer Zeitverschiebungen sind nach denjenigen Gruppen geordnet, welche zwischen gewissen Grenzen von c und von c' gefunden wurden. Die zwei Zahlen + 1 — 8 in der zweiten Verticalreihe bedeuten also z. B., dass bei einer Winkelgeschwindigkeit zwischen 5 und 7 und bei einer Geschwindigkeitsänderung von 0 bis 10 eine positive auf 8 negative Zeitverschiebungen beobachtet wurde[1].

c'	c				
+	5—7	7— 9	9—11	11—13	13—15
0—10	+ 1—8	+ 9—45	+10—39	+ 5—24	+ 1— 6
10—20	—3	+ 3— 5	+ 6—16	+ 1—13	+ 4— 4
20—30	—	+ 1— 1	+ 1— 2	—11	— 2
30—40	—	—	—	— 1	— 1
40—50	—	—	—	— 1	—
—					
0—10	+ 4—16	+19—35	+28—31	+ 5—24	+ 1— 2
10—20	+14— 4	+13— 6	+10—16	+ 4—15	— 4
20—30	+ 4— 1	+ 6— 3	+ 4— 6	+ 3— 6	+ 2— 1
30—40	+ 1— 1	+ 3— 3	+ 3— 1	+ 1— 5	—
40—50	+ 1	+ 2— 2	+ 1— 4	+ 1	+ 1

[1]) Bezeichnen wir mit t die Schwingungsdauer des Pendels, mit α dessen Amplitude,

Wenn diese Versuche, wie es hier geschehen ist, ein einzelner Beobachter an sich selbst ausführt, so ist es nöthig den Ort des Schalls durch möglichst unaufmerksame Einstellung des Glockenschlags zu variiren. Daraus erklärt sich, dass die Versuche ihrer Zahl nach sehr ungleich über die einzelnen Werthe von c und c' vertheilt sind; namentlich bevorzugt man bei solchen zufälligen Einstellungen vermöge der Einrichtung des Apparates (s. unten Fig. 155) leicht diejenigen Hammerstellungen, bei denen die Geschwindigkeitsänderung klein ist. Trotzdem erkennt man deutlich sowohl den Einfluss der Geschwindigkeit wie den der Geschwindigkeitsänderung.

Beide Einflüsse kommen nun auch bei der Grösse der Zeitverschiebung in Rücksicht. Diese ist im allgemeinen am bedeutendsten bei geringer Geschwindigkeit und geringer Geschwindigkeitsänderung, und mit wachsenden Werthen beider nimmt sie ab. Will man also eine möglichst kleine Zeitverschiebung erhalten, so müssen c und c' möglichst gross sein. Beispielsweise führe ich die Mittelzahlen einer einen Monat (5. Juli — 4. Aug. 1865) dauernden Versuchsreihe an. Die Zahlen der folgenden Tabelle (S. 760) bedeuten die absoluten Werthe der Zeitverschiebung. In solchen Rubriken für c und c', in welchen sowohl positive als negative Bestimmungen vorliegen, sind nur diejenigen benutzt, welche der häufigsten Verschiebung zugehören. Die Tabelle lässt daher gleichzeitig wieder an dem Vorzeichen der Zeitwerthe den Einfluss der Geschwindigkeitsänderung auf den Sinn der Zeitverschiebung erkennen. Man sieht, dass die letztere bei den langsamsten Geschwindigkeiten der Grösse der physiologischen Zeit, wie sie durch die Registrirversuche bestimmt wird, nahe kommt, mit dem Unterschied, dass hier die Zeit negativ ist, indem der Eindruck appercipirt wird, ehe er wirklich stattfindet. Diese grössten Werthe der Zeitverschiebung betragen über $1/_{10}''$. Von da an nimmt sie immer mehr ab, und bei der äussersten Geschwindigkeit und Geschwindigkeitsänderung,

---

mit β den Ort des wirklichen Glockenschlags und mit β' denjenigen des scheinbaren, beide in Winkeln von der Mittellage aus gerechnet, so findet man die Zeit x, die zwischen dem Vorbeigang bei β und bei β' liegt, aus der folgenden Annäherungsformel:

$$x = \frac{t}{2\pi} \sqrt{\text{arc. cos.} \frac{\beta'}{\alpha} - \text{arc. cos.} \frac{\beta}{\alpha}}.$$

Mit c ist oben die momentane Geschwindigkeit des Pendels beim Durchgang des Zeigers durch den Punkt β, mit c' die bei diesem Punkte stattfindende Geschwindigkeitsänderung bezeichet. Hiernach ist

$$c = \frac{d\beta}{dt} = \frac{4\pi}{t} \sqrt{(\cos.\ \beta - \cos.\ \alpha)},$$

$$c' = \frac{d^2\beta}{dt^2} = \frac{4\pi^2}{t^2} \sin.\ \beta.$$

Vergl. Duhamel, analytische Mechanik, deutsch von Schlömilch, I S. 269 f.

c	c'							
	+				—			
	0—10	10—20	20—40	40—50	0—10	10—20	20—40	40—50
5—7	—0,124	—0,070	—	—	—0,120	+0,076	+0,069	—
7—9	—0,095	—0,073	—	—			+0,079	—
9—11	—0,082	—0,069	—0,055	—	+0,083	+0,077	+0,069	+0,040
11—13	—			—	—			

welche erreicht werden konnte, ist sie bis auf $^1/_{25}''$ gesunken. Die Abweichungen der Einzelbeobachtungen sind bei diesen Versuchen sehr bedeutend, namentlich wenn man das bei höheren Werthen von c und c' häufig vorkommende Ueberspringen der Zeitverschiebung von der negativen auf die positive Seite und umgekehrt berücksichtigt. Am kleinsten ist die mittlere Variation, nämlich kaum grösser als bei den gewöhnlichen Registrirversuchen (0,012 — 0,025), bei geringer und gleichförmiger Geschwindigkeit. Mit der Grösse von c und c' steigt sie dann aber sehr und kann schliesslich nahezu den ganzen Betrag der absoluten Zeitverschiebung erreichen.

Es ist zweifellos, dass bei Beobachtungen dieser Art individuelle Unterschiede von bedeutender Grösse vorkommen. Für die Nachweisung derselben fehlt es mir an unmittelbarem Material; doch werden sie schon durch die Schwankungen, die der einzelne Beobachter zu verschiedenen Zeiten an sich selbst findet, wahrscheinlich. Directer noch geht ihre Existenz aus gewissen astronomischen Beobachtungen hervor, deren Bedingungen mit unsern Versuchen im wesentlichen übereinstimmen. Bei der älteren Methode, die Zeit des Durchgangs eines Sterns durch den Meridian des Beobachtungsortes zu bestimmen, bedient sich der Astronom eines an einem Stativ um einen Vertical- und einen Horizontalkreis drehbaren Fernrohrs, des sogenannten Passageinstruments. Zur Orientirung im Gesichtsfelde dient ein in der gemeinsamen Focalebene der Objectiv- und Ocularlinse ausgespanntes Fadennetz, das gewöhnlich aus 2 Horizontalfäden und aus 5 oder 7 Verticalfäden besteht. Das Fernrohr wird nun so aufgestellt, dass der mittlere Verticalfaden genau mit dem Meridiane zusammenfällt. Einige Zeit, ehe der Stern diesen Faden erreicht, sieht man nach der Uhr und zählt dann, während man durch das Fernrohr blickt, nach den Schlägen der Uhr die Secunden weiter fort. Da nun der Stern, namentlich wenn er eine grössere Geschwindigkeit besitzt[1], selten mit dem Secunden-

[1] Dies ist immer der Fall, weil man die Methode so wie sie oben beschrieben ist nur bei solchen Sternen anzuwenden pflegt, die nicht allzufern vom Himmelsäquator liegen. Bei dem Polarstern ist die Beobachtungsweise eine andere, worauf wir hier nicht näher eingehen können, da dieselbe für die vorliegende Frage ohne jedes Interesse its. Vergl. darüber PETERS, astronomische Nachrichten, Bd. 49, S. 16.

schlag durch den Meridian treten wird, so muss der Beobachter, um auch noch die Bruchtheile einer Secunde bestimmen zu können, sich den Ort des Sterns bei dem letzten Secundenschlag vor dem Durchtritt und bei dem ersten Secundenschlag nach dem Durchtritt durch den Mittelfaden des Fernrohrs merken und dann die Zeit nach dem durchmessenen Raum eintheilen. Gesetzt z. B. man habe 20 Secunden gezählt, bei der 21sten Secunde befindet sich der Stern im Abstand *a c*, bei der 22sten im Abstand *b c* von dem Mittelfaden *c* (Fig. 152), und es verhalten sich *a c* : *b c* wie 1 : 2, so muss, da die ganze Distanz *a b* in einer Secunde durchlaufen wurde, der Stern den Mittelfaden *c* bei $21\frac{1}{3}$ Sec. Uhrzeit passirt haben. Offenbar sind nun die Bedingungen bei diesen Beobachtungen ähnliche wie bei unsern Versuchen. Die Bewegung des Sterns vor den Verticalfäden des Fernrohrs gleicht der Vorbeibewegung des Zeigers vor der Scala der Scheibe oder des Pendels. Es wird also auch hier eine Zeitverschiebung erwartet werden können, die bei grösseren Geschwindigkeiten leichter im positiven Sinne, im entgegengesetzten Fall leichter im negativen stattfinden wird. Die Beobachtungen der Astronomen geben keine Gelegenheit, die absolute Grösse dieser Zeitverschiebung zu bestimmen. Aber die Existenz derselben verräth sich darin, dass, nachdem alle sonstigen Fehler der Beobachtung möglichst eliminirt sind, stets zwischen den Zeitbestimmungen je zweier Beobachter eine bestimmte Differenz bleibt, die man nach dem Vorgang von Bessel als persönliche Differenz oder persönliche Gleichung zu bezeichnen pflegt[1]. Sie beläuft sich in vielen Fällen nur auf Zehn- oder Hunderttheile einer Secunde, in andern kann sie eine volle Secunde und darüber betragen. Es ist wohl kaum zu bezweifeln, dass bei den kleineren persönlichen Gleichungen die Zeitverschiebungen der zwei Beobachter im selben Sinne stattfinden und nur von verschiedener Grösse sind; wo die persönlichen Gleichungen bedeutender sind, werden dagegen auch Unterschiede in der Richtung der Zeitverschiebung zu erwarten sein. Dabei kommt überdies in Betracht, dass bei jeder Durchgangsbestimmung eine doppelte Lagebestimmung des Sterns stattfindet, daher die individuellen Unterschiede

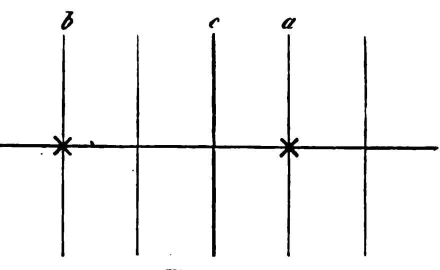


Fig. 152.

[1] Bessel, astronomische Beobachtungen der Sternwarte zu Königsberg. Abth. VIII. 1822.

der Zeitverschiebung sich verdoppeln müssen[1]. Hieraus erklärt es sich, dass die persönliche Gleichung meistens grösser ist, als man nach den unter einfacheren Bedingungen erhaltenen absoluten Zeitwerthen der obigen Tabelle erwarten würde. Die Vergleichung der persönlichen Differenzen einzelner Beobachter, welche in mehreren Fällen durch viele Jahre hindurch fortgesetzt wurde, zeigt ferner, dass dieselben keineswegs constant sind. Offenbar stehen also die individuellen Bedingungen der Aufmerksamkeit nicht stille, sondern sie sind theils unregelmässigeren Schwankungen theils aber auch länger dauernden stetigen Veränderungen unterworfen.

Alle diese Erscheinungen, welche bei der Ordnung disparater Vorstellungsreihen zur Beobachtung kommen, erklären sich leicht aus den uns nunmehr schon aus andern Beobachtungen geläufigen Spannungsgesetzen der Aufmerksamkeit. Jeder Eindruck bedarf einer gewissen Zeit zu seiner Apperception. Diese wird wesentlich abgekürzt, wenn der Eindruck zuvor in Bezug auf seine Qualität und Stärke bekannt ist. Sie wird noch mehr vermindert, wenn auch die Zeit seines Eintritts bestimmt wurde. Wir sind schon früher (S. 737) auf Thatsachen aufmerksam geworden, welche darauf hindeuten, dass in solchen Fällen unter Umständen die Apperception dem wirklichen Eindruck vorauseilen kann. Bei den jetzigen Beobachtungen sind nun Bedingungen eingeführt, welche eine solche negative Zeitverschiebung mit einer gewissen Regelmässigkeit herbeiführen. Sobald nämlich die Vorstellungsreihe, mit welcher sich der in bestimmten Zeitintervallen einwirkende Reiz verbindet, mit einer gewissen Langsamkeit abläuft, erreicht die auf denselben gerichtete vorbereitende Spannung der Aufmerksamkeit regelmässig schon vor dem Stattfinden des Eindrucks ihr Maximum, und dieser wird nun mit einem Gesichtszeichen combinirt, das ihm in Wirklichkeit vorangeht. Je schneller aber die Vorstellungsreihe abläuft, um so schwerer gelingt es vor dem Stattfinden des Eindrucks die Aufmerksamkeit hinreichend auf denselben anzuspannen, daher zuerst die Zeitverschiebung in ihren negativen Werthen abnimmt, dann auf null sinkt und zuletzt ihre positiven Grössen erreicht. Der Punkt des Uebergangs von der einen zur andern Seite wechselt nun schon bei einem und demselben Beobachter, und offenbar zeigt er bei verschiedenen Individuen noch viel grössere Abweichungen. So erklärt sich die persönliche Gleichung, und es stimmt damit vollständig überein, dass die letztere nach den Beobachtungen aller Astronomen bei der Zeitbestimmung plötz-

[1] ARGELANDER bemerkt überdies, dass bei der Beobachtung des Sterns nach dem Durchgang durch den Mittelfaden die Aufmerksamkeit erschöpft sei, wesshalb man hier den Stern beim Secundenschlag zuweilen an zwei Orten zu sehen glaube, deren Zeitdistanz 0,1 — 0,15 betragen könne. (Tageblatt der Naturforscherversammlung zu Speyer. 1861. S. 25.)

licher Erscheinungen bedeutend vermindert wird[1]. Hierbei kann die Zeitverschiebung nur noch eine positive sein, weil die Anspannung der Aufmerksamkeit erst bei der Perception des Eindrucks zur erforderlichen Grösse anwachsen kann. Die beobachtete Zeit wird daher in diesem Fall von der wirklichen mehr abweichen als bei erwarteten Erscheinungen, aber die einzelnen Beobachtungen werden weniger von einander differiren, wie dies auch die Thatsache bestätigt, dass der mittlere Beobachtungsfehler bei solchen plötzlichen Zeitbestimmungen kleiner ist. Die merkwürdige von Bessel beobachtete Erscheinung endlich, dass seine persönliche Gleichung mit andern Beobachtern sich nahezu auf die Hälfte verminderte, wenn er eine Uhr benutzte, die statt ganzer halbe Secunden schlug, erklärt sich vollständig aus dem oben nachgewiesenen Einfluss der Geschwindigkeit. Wir haben denselben unter Bedingungen näher verfolgt, wo die Succession der Gesichts- und der Gehöreindrücke immer gleichzeitig variirt wurde. Es ist aber klar, dass die blosse Aenderung in der Geschwindigkeit der Schallvorstellungen den nämlichen Erfolg herbeiführen muss. Die Aufmerksamkeit kann sich einem neuen Schall erst wieder accommodiren, wenn der letzte vorbeigegangen ist. Wenn also bei langsamerer Folge der Pendelschläge die Zeitverschiebung negativ war, so wird sie bei schnellerer positiv werden. In der That ist nun dies offenbar bei Bessel der Fall gewesen, der eine auffallend grosse Neigung zu negativer Zeitverschiebung besessen haben muss, da er die Sterndurchgänge früher als alle andern Beobachter sah.

Unsere Versuche lehren endlich noch einen leicht begreiflichen Einfluss der Geschwindigkeitsänderung kennen. Der Aufmerksamkeit wird es um so schwerer, den hinzutretenden Schall mit einer bestimmten Stellung des Zeigers zu combiniren, mit je grösserer Geschwindigkeit sich der letztere bewegt. Wir sind daher, wo dessen Geschwindigkeit ungleichförmig ist, von vornherein geneigt, den Schall in die langsameren Theile der Bahn zu verlegen. So kommt es, dass die Zeitverschiebung bei zunehmender Geschwindigkeit leichter negativ, bei abnehmender positiv wird.

Blicken wir auf den ganzen Kreis der nun über den Eintritt und Verlauf der Vorstellungen ermittelten Erscheinungen zurück, so sprechen sich in denselben vor allem die Thatsachen aus, dass 1) die Aufmerksamkeit stets einer gewissen Anpassungszeit bedarf, um die Eindrücke in den Blick-

---

[1] Die astronomische Zeitbestimmung plötzlicher Erscheinungen geschieht in etwas verschiedener Weise. Im allgemeinen schätzt man dabei entweder die Zeit, die seit dem letzten Secundenschlag verflossen ist, oder diejenige, die bis zum nächsten Schlag verfliesst, nach dem Gehör. Vergl. Peters a. a. O. S. 21.

punkt des Bewusstseins zu heben, und 2) dass solche Anpassung, wo die Sinnesreize in Bezug auf irgend welche ihrer Elemente vorher bekannt sind, vorbereitend geschehen kann. Hierdurch wird die Zeit zwischen Perception und Apperception mehr oder weniger abgekürzt, oder sie kann, falls die Eindrücke auch in Bezug auf ihren Zeiteintritt bestimmt sind, sogar negativ werden. Sind die Bedingungen derart, dass gleichzeitig mit der Apperception des Eindrucks eine Willenserregung stattfinden soll, so sind wieder zwei Fälle zu unterscheiden. Es kann 1) die Art der willkürlichen Bewegung zuvor gegeben und eingeübt sein, oder sie kann 2) unbestimmt gelassen werden, indem man sie von der variabeln Beschaffenheit des aufzufassenden Reizes abhängig macht. Im ersten Fall ist in der Regel eine besondere Willenszeit nicht vorhanden: die Entwicklung des Willensimpulses fällt hier vollständig mit der Apperception zusammen. Sobald die letztere vollendet ist, wird gleichzeitig oder wenigstens nach verschwindend kurzer Zwischenzeit auch der Eindruck registrirt. Diese Thatsache kann nicht anders als durch die Annahme erklärt werden, dass die vorbereitende Spannung der Aufmerksamkeit in einem Innervationsvorgang besteht, welcher sich gleichzeitig als anwachsende Willensenergie geltend macht. Hiermit steht es im vollen Einklang, dass jene vorbereitende Spannung selber ein willkürlicher Act ist. Als physiologische Grundlage des Vorgangs der Apperception haben wir also hier das Anwachsen einer motorischen Innervation vorauszusetzen, welche vollkommen gleichzeitig bereit ist auf ein bestimmtes centrales Sinnesgebiet überzufliessen und eine bestimmte motorische Leitung zu ergreifen. Auch das subjective Gefühl der Aufmerksamkeit wechselt daher bei diesen Beobachtungen mit beiden Bedingungen: es verändert sich mit der Qualität und Stärke des erwarteten Eindrucks und mit der Form der intendirten Bewegung[1]. Nun kann von diesen zwei Bedingungen die eine oder die andere mehr oder weniger unbestimmt gelassen werden. Ist die Art des äusseren Eindrucks völlig unbekannt, so gewinnt zwar die motorische Spannung das zureichende Maass vorbereitender Energie, aber der Abfluss der motorischen Innervation theilt sich nun zwischen verschiedenen Sinnesgebieten. So entsteht ein Gefühl der Unruhe, sehr verschieden von jener sichern Spannung, welche der Beobachtung eines erwarteten Eindrucks vorangeht. Hier ist nun die Apperceptionsdauer vergrössert, aber die Willenszeit fällt noch immer mit derselben zusammen. Minder erschwert wird die Apperception, wenn wenigstens die Qualität der Reizung bekannt ist. Jetzt ist der vorbereitenden Innervation ihr bestimmter Weg angewiesen, nur die Stärke, zu welcher sie in ihrer sensorischen Abzweigung anwachsen soll, ist unbe-

[1]) Vergl. S. 721 f.

stimmt gelassen. Eine ähnliche Theilung der Aufmerksamkeit wie bei der offen gelassenen Wahl zwischen verschiedenen Sinnen entsteht, wenn vor der Beobachtung die auszuführende Bewegung unbestimmt bleibt. Hier wechselt die vorbereitende Spannung zwischen den motorischen Gebieten, unter denen die Wahl stattfinden soll; es entsteht ein ähnliches Gefühl der Unruhe wie oben, das aber doch in seiner subjectiven Beschaffenheit wieder charakteristisch verschieden ist. Nun muss, nachdem der sensorische Theil der Apperception vollendet ist, der motorische erst seine zureichende Stärke gewinnen.

Diese Betrachtungen führen demnach zu dem Schlusse, dass die Apperception und die Willensreaction auf dieselbe im wesentlichen einen zusammenhängenden Vorgang darstellen, dessen physiologischer Ausgangspunkt in den Gebieten der centralen motorischen Innervation liegt. Steht die willkürliche Bewegung zu dem erwarteten Sinneseindruck in fester Beziehung, so ist der Vorgang auch nach seinem Zeitverlauf ein einziger. Ist dies nicht der Fall, sondern muss nach geschehener Wahrnehmung noch eine gewisse Wahl stattfinden, so trennt sich der ganze Vorgang in zwei Acte, die aber im Grunde beide nur verschiedene Formen der Apperception sind. Denn jene Wahl zwischen den verschiedenen Bewegungen besteht eben nur darin, dass die dem Sinneseindruck correspondirende Art der Bewegung appercipirt wird. Der Vorgang der Apperception, vorhin ein einziger, fällt nun in zwei aus einander. Jeder derselben geht aus von einer centralen Willenserregung: diese ist aber bei dem ersten auf centrale Sinnesgebiete, bei dem zweiten auf centrifugale motorische Leitungen gerichtet. So drängen diese Erwägungen schliesslich zu der Voraussetzung hin, dass jene Centralgebiete, von denen aus unsere willkürlichen Bewegungen beherrscht werden, gleichzeitig in eine nahe Verbindung mit den centralen Sinnesflächen gesetzt sind. Die Apperception und der Impuls zur freiwilligen Bewegung sind nur verschiedene Formen der Willenserregung. Dies ist der Grund, wesshalb beide unter allen Umständen so innig an einander gekettet sind, unter gewissen Bedingungen aber sogar in einen einzigen Act zusammenfallen können. Wir werden sehen, dass diese Folgerung in den Erscheinungen der willkürlichen Reproduction der Vorstellungen eine vollkommen selbständige Bestätigung findet. Auch eine physiologische Thatsache, welche für die bisher angenommene Trennung der centralen Sinnesvorgänge und der Willensreactionen ein Räthsel bleiben musste, empfängt nun mit einem Mal ein unerwartetes Licht. Wir sahen, dass von den Vordertheilenhirn höchst wahrscheinlich die willkürlichen Bewegungen ausgehen, während die centralen Sinnesflächen vorzugsweise in den hinteren Gebieten der Hirnrinde zu liegen scheinen. Anderseits ist es kaum zu be-

zweifeln, dass die höheren Geistesfunctionen namentlich an die Entwicklung des Vorderhirns gebunden sind. (Cap. IV u. V.) Dieser Zusammenhang wird erst verständlich, wenn wir erwägen, dass jene Heerde der Willensinnervation zugleich die Sinnescentren beherrschen und so nicht bloss die Bewegung sondern auch die Auffassung der Sinneseindrücke und, wie wir bald sehen werden, den Wechsel der reproducirten Vorstellungen bestimmen.

Etwas anders gestalten sich die Bedingungen der Apperception, wenn diese nicht mit einer Willensreaction verbunden ist, sondern wenn sie entweder unmittelbar in Bezug auf ihre Dauer bestimmt wird, dadurch, dass man die Auffassung eines ersten Eindrucks durch einen nachfolgenden von grosser Stärke abschneidet (S. 751), oder wenn sie, wie in den zuletzt dargestellten Versuchen, in Bezug auf das Verhältniss der Apperceptionen verschiedenartiger Eindrücke zu einander untersucht wird. Die erstgenannten Beobachtungen lehren uns im allgemeinen, dass die ohne motorische Miterregung vollzogene Apperception wahrscheinlich eine nur wenig kürzere Dauer beansprucht, als wenn gleichzeitig eine gegebene Willensreaction gefordert ist, was mit unseren Resultaten und Schlussfolgerungen wohl übereinstimmt. Wichtiger sind die Erscheinungen der Zeitverschiebung, die sich bei der Einordnung eines zu bestimmter Zeit erwarteten Reizes in eine ablaufende Vorstellungsreihe ergeben. Hierbei ist die regelmässige Wiederholung des einzuordnenden Reizes von wesentlicher Bedeutung. Dadurch wird die Apperception nicht nur im allgemeinen vorbereitet, sondern es wird auch, sobald das regelmässige Intervall verflossen ist, der Eindruck unmittelbar reproducirt. Dieser Umstand macht im allgemeinen schon die Thatsache der negativen Zeitverschiebung begreiflich. Sobald nämlich zwischen dem Lebendigwerden des Erinnerungsbildes und dem wirklichen Stattfinden des Eindrucks ein nicht zu langes Intervall liegt, werden beide zusammenfliessen, und es wird jetzt der Moment, wo das Erinnerungsbild lebendig geworden ist, für den Moment des Eindrucks gehalten werden. Von der Richtigkeit dieser Erklärung kann man sich leicht bei den oben (S. 736) besprochenen Schallversuchen mit vorausgehendem Signal überzeugen. Wir haben gesehen, dass hier auch die Apperception und der Willensimpuls zuweilen dem Eindruck vorangehen müssen, weil dieser nahezu gleichzeitig registrirt werden kann. Schiebt man nun in eine Versuchsreihe, in welcher möglichst rasch registrirt wird, einen einzelnen Versuch ein, bei welchem dem Signal der wirkliche Eindruck gar nicht nachfolgt, so ereignet es sich sehr häufig, dass trotzdem auf denselben reagirt wird, obgleich der Beobachter im Moment der Bewegung schon weiss, dass der Eindruck nicht stattfand. Hier ertappt man sich also direct darüber, dass man in Wahrheit nicht auf den wirklichen Eindruck sondern auf das aus früheren Versuchen in Bezug auf seine Zeit bekannte

Erinnerungsbild reagirt. Ganz dasselbe findet sich nun bei unsern Beobachtungen über die Interpolation einander folgender Schalleindrücke in eine Reihe von Gesichtsvorstellungen. Dieselben unterscheiden sich aber in der einen Beziehung, dass bei ihnen in gewissen Fällen, namentlich bei langsamer Bewegung der Vorstellungsreihen, die negative Zeitverschiebung viel bedeutendere Grössen erreichen kann. Dies erklärt sich jedoch aus den immerhin wesentlich verschiedenen Bedingungen des Versuchs. Zahlreiche Erfahrungen bezeugen es, dass eingeübte Verbindungen bestimmter willkürlicher Bewegungen mit Sinneswahrnehmungen ausserordentlich fest werden, so dass ja, wie wir gesehen haben, Apperception und Willenserregung in solchem Falle ein einziger Vorgang sind. Dies ist ganz anders bei der Einordnung eines Sinneseindrucks in eine Reihe disparater Vorstellungen. Hier kann der Eindruck innerhalb gewisser Grenzen mit jeder dieser Vorstellungen combinirt werden, so dass die Verbindung nur noch von dem Spannungswachsthum der Aufmerksamkeit abhängt. Die Versuche lehren nun, dass dieses Spannungswachsthum durch die Geschwindigkeit bestimmt wird, mit welcher die Eindrücke auf einander folgen. Bei einer gewissen Geschwindigkeit kann sich die Anpassung der Aufmerksamkeit gerade vom einen Schall zum andern vollenden: hier ist daher die Zeitverschiebung durchschnittlich null, oder sie wechselt zwischen positiven und negativen Werthen von annähernd gleicher Grösse. Bei noch grösserer Geschwindigkeit ist die Anpassung noch nicht vollendet, bei einer kleineren ist sie durchschnittlich früher vollendet. Dabei ist aber offenbar die Anpassungsgeschwindigkeit selbst nicht immer dieselbe, sondern sie ist grösser, wenn die Eindrücke rascher, kleiner, wenn dieselben langsamer auf einander folgen. So kommt es, dass der absolute Werth der Zeitverschiebung um so grösser wird, mit je geringerer Geschwindigkeit die Vorstellungen ablaufen. Ist nun aber durch die Schnelligkeit der Succession eine grosse Anpassungsgeschwindigkeit der Aufmerksamkeit gefordert, so wird dieselbe zugleich unsicherer, daher mit der Abnahme der mittleren Zeitverschiebung die Abweichungen zwischen den einzelnen Beobachtungen wachsen.

Die obenstehenden Untersuchungen verdanken ihre ganze Anregung den Arbeiten von Bessel[1] über die persönliche Gleichung bei den astronomischen Durchgangsbeobachtungen. Der Ausdruck »persönliche Gleichung« rührt von Bessel selbst her, da er die bisher völlig unerklärt gebliebenen Differenzen der Zeitbestimmung auf individuelle Eigenschaften der Beobachter zurückführte. Die Aufdeckung dieser Fehlerquelle ist für die Astronomen der Anlass zur Einführung der Registrirapparate geworden, bei denen sowohl die Zeitsecunden wie

[1] Astronomische Beobachtungen auf der kgl. Universitäts-Sternwarte zu Königsberg. Abth. VIII. Königsberg 1822.

die Momente der Beobachtung durch galvanische Vorrichtungen aufgezeichnet werden, so dass hier die Versuchsbedingungen den im ersten Theil unserer Versuche gegebenen gleichkommen. Erst seit Einführung der Registrirapparate sind auch einige Versuche gemacht worden, mittelst derselben die absolute Grösse der physiologischen Zeit zu bestimmen, so von Hartmann [1]) und von Hirsch und Plantamour [2]). Doch kommt dabei in Betracht, dass der Werth der persönlichen Differenz, wie namentlich die Zusammenstellungen von Peters [3]) zeigen, bei der Registrirmethode erheblich kleiner ist als bei der älteren Methode der Beobachtung mit dem Passageinstrument. Ich selbst habe schon im Jahre 1861 vor der astronomischen Section der Naturforscherversammlung in Speyer über Versuche berichtet, die den letzteren Beobachtungen nachgebildet waren [4]). Seither sind dann namentlich von Hirsch [5]), von Donders und de Jaager [6]) und in neuester Zeit von Exner [7]) in physiologischem Interesse Versuche nach der Registrirmethode ausgeführt worden.

Die Beobachtungen der Astronomen über die persönliche Gleichung geben, da sie immer nur Differenzwerthe enthalten, natürlich nur über einzelne Punkte Aufschluss. Sie sind namentlich werthvoll durch die Veränderungen in der physiologischen Zeit, die sie erkennen lassen, und die theils in langen Zeiträumen stetig geschehen, wobei sie eine bedeutende Grösse erreichen können, theils aber auch als unbedeutende Schwankungen in kürzerer Zeit sich geltend machen. Ein auffallendes Beispiel langsamer Veränderung gibt die folgende, von Peters [8]) mitgetheilte Tabelle über die mittlere persönliche Differenz zwischen den Astronomen Main und Rogerson vom Jahre 1840 bis 1853; sie beziehen sich auf die ältere Methode am Passageinstrument.

	M — R		M — R
1840	— 0,15	1847	+ 0,35
41	+ 0,08	48	+ 0,37
43	+ 0,20	49	+ 0,39
44	+ 0,18	50	+ 0,45
45	+ 0,20	51	+ 0,47
46	+ 0,26	52	+ 0,63
		53	+ 0,70

Es ist augenscheinlich, dass hier, von einer sehr kleinen Schwankung (zwischen 1843 und 45) abgesehen, die persönliche Gleichung in einer stetigen Zunahme in positivem Sinne begriffen ist, so dass die ganze Veränderung innerhalb der 13 Jahre 0,85″ erreicht. Innerhalb eines einzigen Tages beobachteten Wolfers und Nehus am Passageinstrument Differenzen bis zum Betrag von 0,22″. Hirsch und Plantamour bestimmten ihre persönliche Gleichung am Registrirapparat an zwei auf einanderfolgenden Tagen zu $(H—P)$ + 0,047 und

1) Grunert's Archiv f. Mathematik und Physik. Bd. 31. 1858 S. 1 f.
2) Moleschott's Untersuchungen IX, S. 200 f.
3) Astronomische Nachrichten, Bd. 49, S. 24.
4) Tageblatt der Naturforscherversammlung zu Speyer. 1861. S. 25.
5) a. a. O. S. 185.
6) de Jaager, de physiologische Tijd bij psychische Processen. Utrecht 1865. Donders, Archiv f. Anatomie u. Physiologie. 1868. S. 657 f.
7) Pflüger's Archiv VII, S. 601 f.
8) a. a. O. S. 20.

+ 0,114 [1]). EXNER suchte den Zusammenhang der physiologischen Zeit mit dem Temperament und sonstigen Eigenschaften zu ermitteln, indem er dieselbe bei möglichst verschiedenen Individuen an einem Registrirapparat bestimmte. Es zeigte sich aber, dass sehr phlegmatische Personen durchschnittlich eben so rasch auf Eindrücke reagiren als andere. Bei einem 77-jährigen Greise war zwar die physiologische Zeit anfänglich bedeutend grösser als bei den andern Beobachtern, aber dieser Unterschied glich sich zum grossen Theil durch fortgesetzte Uebung aus. Auch Genuss von Thee und Morphium hatte keinen nachweisbaren Einfluss; nur ein Versuch mit Rheinwein gab positive Resultate, indem durch die Einverleibung von zwei Flaschen dieses Getränkes die verbrauchte Zeit von 0,19 auf 0,29″ gesteigert wurde [2]). —

Die Hülfsmittel zur Untersuchung der Apperceptionszeit zerfallen in die Registrir- und in die Passageapparate. Mit dem letzteren Namen will ich alle diejenigen Vorrichtungen belegen, welche durch die Methode der Beobachtung mit dem älteren Passageinstrument der Astronomen Aehnlichkeit haben. Die Registrirapparate sind sehr zahlreich. Auf vielen Sternwarten ist gegenwärtig der KRILLE'sche Registrirapparat eingeführt. Derselbe besteht im wesentlichen aus einem durch ein Uhrwerk in gleichmässige Rotation versetzten horizontal liegenden Cylinder und aus drei mit Zeichenstiften versehenen Elektromagneten, die, während der Cylinder rotirt, ebenfalls mit gleichförmiger Geschwindigkeit auf einem Schlitten an demselben vorbeibewegt werden. Jeder Stift befindet sich durch eine Hebelverbindung in einer solchen Lage zum Cylinder und zu seinem Elektromagneten, dass er, im Moment wo der Strom des letzteren geschlossen oder geöffnet wird, auf dem Papier des Cylinders eine Linie beschreibt, die nach der Abwicklung des Papiers eine verticale Ordinate bildet, zu welcher die bei dauerndem Offensein des Stromes gezogene Linie die horizontale Abscissenlinie ist. Der erste Elektromagnet befindet sich in solcher Verbindung mit der astronomischen Uhr, dass sein Strom immer beim einen Secundenschlag geöffnet und beim andern wieder geschlossen wird. Die Ströme der beiden andern Elektromagnete können jeder durch einen auf eine Taste ausgeübten Druck eines Beobachters plötzlich geschlossen und beim Nachlassen des Drucks wieder geöffnet werden. Es können somit gleichzeitig zwei Beobachter, die entweder an verschiedenen Orten oder der eine am Meridiankreis, der andere am Aequatorealkreis observiren, auf das Instrument aufzeichnen. Bei physiologischen Beobachtungen kann man aber die Einrichtung so treffen, dass der Strom des einen Elektromagneten durch den äusseren Reizungsvorgang unterbrochen wird [3]).

Ich selbst habe zu meinen Versuchen zwei Registrirapparate benützt: erstens das HIPP'sche Chronoskop, mit welchem auch HIRSCH und PLANTAMOUR ihre Versuche ausführten, und zweitens einen eigens zu diesen Zwecken ge-

1) MOLESCHOTT's Untersuchungen IX, S. 205.

2) EXNER, a. a. O., S. 628.

3) Eine ausführliche Beschreibung des KRILLE'schen Registrirapparats geben PETERS, astronomische Nachrichten, Bd. 49, und KUHN, angewandte Elektricitätslehre, Leipzig, 1866, S. 1254. KARSTEN's Encyklopädie der Physik XX., In letzterem Werke sind ausserdem zahlreiche andere Apparate zu chronoskopischen Zwecken beschrieben. Ueber weitere Vorrichtungen vergl. auch HAEKEL, POGGENDORFF's Annalen Bd. 132, S. 134, DONDERS, Archiv für Anatomie und Physiologie 1868 Nederl. arch. 1867), EXNER, PFLÜGER's Archiv VII, S. 659.

bauten Apparat, den ich, weil er speciell zur Messung der physiologischen Zeit unter verschiedenen Verhältnissen dient, das physiologische Chronoskop nennen will.

Das Hipp'sche Chronoskop (Fig. 153 *H*) ist ein durch ein Gewicht getriebenes Uhrwerk, in dessen Steigrad eine Regulatorfeder in der Weise eingreift, dass sie im Ruhezustand das Rad kaum am Umdrehen hindert, bei der Bewegung aber in Schwingungen geräth, durch welche die Geschwindigkeit des Steigrads und dadurch des ganzen Uhrwerks eine gleichförmige wird. In Gang gesetzt wird das Uhrwerk durch Ziehen an dem Knöpfchen *a*, dessen Schnur mit einem Auslösehebel in Verbindung steht: angehalten wird es durch einen zweiten Hebel, den man durch Ziehen an *b* beherrscht. Der Zeiger des oberen Zifferblatts Z^2 macht eine Umdrehung grade in $1/10$ Sec. Da es in 100 Theile getheilt ist, so entspricht also jeder Theilstrich $1/1000''$. Der Zeiger des unteren

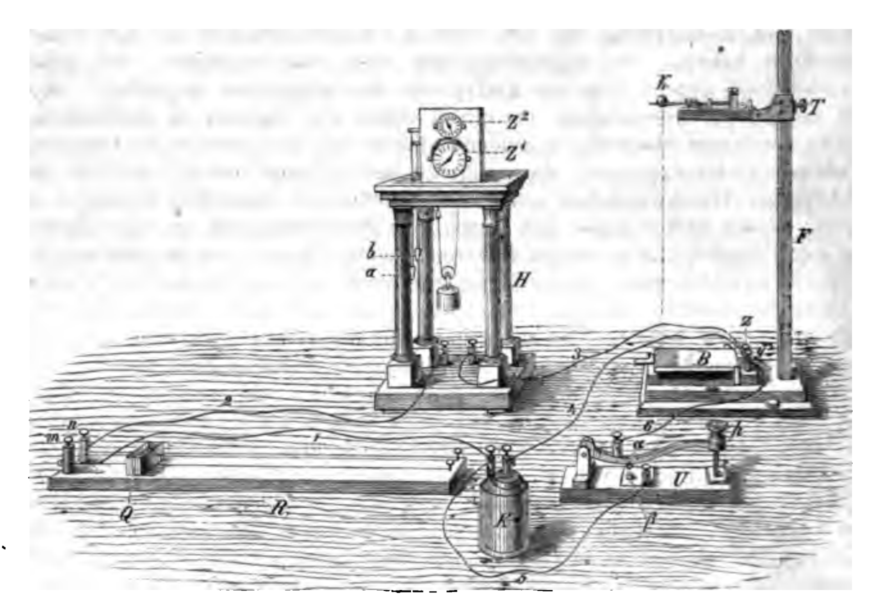


Fig. 153.

Zifferblatts Z^1 rückt, während der obere Zeiger eine ganze Umdrehung macht, um einen Theilstrich weiter fort, vollendet also eine ganze Umdrehung in $10''$. Die wesentliche Einrichtung des Chronoskops besteht nun darin, dass das Rad, welches die Bewegung des Uhrwerks zunächst auf den Zeiger des oberen und damit indirect auch auf den des unteren Zifferblatts überträgt, durch den Anker eines Elektromagneten momentan angehalten und ebenso momentan wieder losgelassen werden kann; das erstere geschieht, sobald ein Strom durch den Elektromagneten gesandt wird, das letztere im Augenblick der Unterbrechung dieses Stroms[1]. Soll ein sehr kurzer Zeitraum gemessen werden, so muss

[1] Ueber die innere Construction des Hipp'schen Chronoskops vergl. Hirsch, Moleschott's Untersuchungen IX, S. 188 f. Kuhn, angewandte Elektricitätslehre, S. 1185 f.

man also zuerst den durch das Chronoskop gehenden Strom schliessen: dann richtet man den Versuch so ein, dass im Beginn des zu messenden Zeitraums die Kette geöffnet und zu Ende desselben wieder geschlossen wird. Soll die Zeitmessung möglichst genau sein, so muss die Bewegung des Ankers sehr schnell und sicher vor sich gehen, was man theils durch Abstufung der Stromstärke, theils durch angemessene Spannung einer mit dem Anker verbundenen Feder erreicht. Die Fig. 153 stellt beispielsweise die Versuchsanordnung dar, welche ich zur Messung der physiologischen Zeit bei Schalleindrücken von wechselnder Intensität benützte. Ausser dem Chronoskop bedarf man dazu des Fallapparates F, der galvanischen Kette K, des Rheostaten R und des Stromunterbrechers U. Der von Hipp construirte Fallapparat besteht aus einem Fuss, auf welchem sich das Fallbrett B befindet, aus einer verticalen viereckigen Säule von 64 Cm. Höhe und aus dem an derselben festzustellenden Träger T. An dem letzteren befindet sich vorn eine Messinggabel, deren Arme durch eine Zange an einander festgehalten werden können, so dass die Kugel k in der Gabel ruht. Mittelst Drucks an einer Feder kann diese Zange sehr rasch geöffnet werden, worauf die Kugel herabfällt und durch Auffallen auf das Fallbrett B den zu registrirenden Schall hervorbringt. Das beim Oeffnen der Gabel bewirkte Geräusch kann als Signal für den bevorstehenden Schall benützt werden. Will man dieses Signal vermeiden, so wird die Gabel offen gelassen und die Kugel zwischen den Armen derselben bis zum Moment des Falls mit den Fingern festgehalten. Das Fallbrett B schlägt in Folge des Anschlagens der Kugel auf das unter ihm befindliche Brettchen auf und schliesst dabei einen Metallcontact, so dass die zwei am hintern Ende des Brettchens stehenden Klemmschrauben z und y, die zuvor von einander isolirt waren, nunmehr leitend verbunden sind. Der Rheostat R besteht aus zwei Platindrähten, welche ein Quecksilbernäpfchen Q durchbohren: je weiter man Q von den beiden Klemmschrauben m und n entfernt, eine um so grössere Drahtlänge wird daher zwischen m und n eingeschaltet und so der Strom der Kette K geschwächt. Vor Beginn einer Versuchsreihe muss durch Verschieben von Q die Stromstärke so regulirt werden, dass der Anker des Chronoskops möglichst momentan dem Schliessen und Oeffnen des Stromes folgt. Der Unterbrecher U ist ein Metallhebel, welcher sich auf einer isolirenden Unterlage aus Hartgummi befindet, und an dessen Ende ein Handgriff h angebracht ist, auf den der Beobachter, der die Registrirung ausführt, seine Hand legt. Wird auf h ein Druck ausgeübt, so werden die Messingklötzchen α und β gegen einander gepresst und so der durch den Unterbrecher gehende Strom geschlossen. Beim Nachlassen des Drucks schnellt der Hebel durch die unter h befindliche Feder sehr rasch in die Höhe, wobei der Strom unterbrochen wird. Die verschiedenen Apparate sind durch die in der Figur angegebenen Leitungsdrähte mit einander verbunden. Die Ausführung des Versuchs geschieht nun in folgender Weise. Nachdem der Fallapparat und der Rheostat in der richtigen Weise eingestellt sind, setzt sich die Versuchsperson, für die alle anderen Apparate verdeckt sind, vor den Unterbrecher U und drückt den Handgriff h nieder, so dass α und β in festem Contact stehen. Es geht nun der Strom von der Kette K durch 1 nach m, von da durch den Rheostaten nach n, und durch 2 in das Chronoskop: er verlässt dasselbe durch 3, geht nach der Klemmschraube z und durch 4 nach der Kette zurück. Der Elektromagnet ist also nun in Thätigkeit und hält die Zeiger Z^2 und Z^1 fest, wenn durch Anziehen des Hebels a das Uhrwerk in Gang gesetzt wird. Nach-

dem letzteres geschehen ist, lässt man nun die Kugel *k* aus freier Hand oder durch Oeffnen der Gabel herabfallen. Im Moment wo sie auf dem Fallbrett *B* anlangt und der Schall entsteht, setzt sie durch Schliessen des Metallcontactes die beiden Klemmen *z* und *y* mit einander in Verbindung. Dadurch hat sich nun eine zweite Leitung für den Strom eröffnet. Dieselbe geht von der Kette aus durch 5, durch den geschlossenen Unterbrecher *U* nach 6, *y*, *z*, und durch 4 nach der Kette zurück. Diese zweite Leitung bietet einen sehr viel geringeren Widerstand als die erste, in welcher durch den Rheostaten und die Windungen des Elektromagneten der Strom geschwächt ist. Im Moment, wo diese Nebenleitung geschlossen wird, sinkt daher die Stromstärke in der durch das Chronoskop gehenden Hauptleitung auf eine verschwindend kleine Grösse. Dadurch hört der Magnetismus des Elektromagneten auf, und die beiden Zeiger Z^2 und Z^1 werden momentan in Bewegung gesetzt. Sobald aber die Versuchsperson den Schall hört, löst sie durch Loslassen des Handgriffs *h* den Contact bei α und β. So wird die Nebenleitung wieder geöffnet, und der volle Strom geht abermals durch das Chronoskop, dessen beide Zeiger nun wieder angehalten werden. Der Versuch ist jetzt zu Ende, und das Uhrwerk wird alsbald durch Ziehen an dem Hebel *b* festgehalten, ebenso der Strom für die Zwischenzeit bis zum nächsten Versuch geöffnet, um ein dauerndes Magnetischwerden des Eisens im Elektromagneten möglichst zu vermeiden. Die beiden Zeiger Z^2 und Z^1 haben sich grade so lange bewegt, als vom Moment des Schalls bis zum Moment seiner Registrirung verfloss. Die Zeitbestimmung ist, da der obere Zeiger noch $^1/_{1000}$″ angibt, bei sorgfältiger Ausführung der Versuche bis auf $^1/_{500}$″ genau. Das Hipp'sche Chronoskop hat vor andern Registrirapparaten den Vorzug, dass seine Anwendung sehr bequem ist, und dass die Ablesung an beiden Zifferblättern unmittelbar die absolute Zeit angibt. Von dem richtigen Gang des Uhrwerks überzeugt man sich durch die gleich bleibende Höhe des Tons der Regulirfeder. Es ist aber bei diesem Apparat durch die Bewegung des Ankers eine Fehlerquelle gegeben, welche grosse Sorgfalt erforderlich macht. Sobald nämlich die Stromstärke etwas zu bedeutend ist, so lässt der Elektromagnet den Anker nicht momentan los, und es kann dadurch ein bedeutender Fehler in der Zeitbestimmung entstehen. Herr Hipp gibt seinen Instrumenten zwar eine kleine Boussole bei, an deren Ablenkung man die richtige Stromstärke abmessen kann. Man darf sich aber damit nicht begnügen, sondern es ist zweckmässig sich vor jedem Versuch von der raschen Bewegung des Ankers direct zu überzeugen. Auch lässt sich der Fallapparat zu Controlversuchen verwenden, indem man die Fallzeit der Kugel durch das Chronoskop bestimmt und mit der berechneten Fallzeit vergleicht. Zu diesem Zwecke richtet man die Versuche so ein, dass beim Oeffnen der Gabel des Halters *T* der Strom unterbrochen und beim Auffallen auf das Brett *B* wieder geschlossen wird. Für solche Fallversuche befinden sich an *T* zwei Klemmschrauben, deren jede mit einem Arm der Gabel in Verbindung steht. Beide sind nur durch die Zange, welche die Gabel schliesst, leitend verbunden.

Das physiologische Chronoskop, von dem die Fig. 154 eine schematische Ansicht gibt, hat vor dem Hipp'schen Instrument den Vorzug absoluter Zuverlässigkeit seiner Angaben; es gestattet ausserdem manche für psychologische Zwecke interessante Modificationen der Beobachtung, und bietet die bei solchen Versuchen sehr schätzbare Möglichkeit, die Beobachtungen ganz ohne Assistenz ausführen zu können; es ist aber allerdings viel unbequemer in der

.nwendung. Die Fig. 154 zeigt beispielsweise eine Versuchsanordnung. wie ie beim Registriren eines Lichtblitzes angewandt werden kann. Die Zeitestimmung geschieht bei diesem Apparat durch eine kleine Stimmgabel *b*, relche in dem Aufriss *B* auf der rechten Seite der Figur zu sehen ist. Sie efindet sich zwischen den Armen eines hufeisenförmigen Elektromagneten E^3, nd an ihrer einen Branche ist eine Borste befestigt, durch welche ihre Schwinungen auf die hintere Seite der Glasscheibe *G*, die zuvor über der Lampe erusst wurde, aufgezeichnet werden. In der Zeichnung *A*, wo der ganze pparat von seiner hinteren Fläche aus gesehen wird, bemerkt man auf der cheibe *G* eine Anzahl solcher Schwingungscurven. Die Glasscheibe wird durch inen Trieb *t* bewegt: welcher mit den Rädern u^1, u^2 eines durch ein Gevicht getriebenen Uhrwerks in Verbindung steht. Eine Regulirung, um dieses Jhrwerk in constanter Geschwindigkeit zu erhalten, ist nicht angebracht. Hat lasselbe eine gewisse Geschwindigkeit erreicht, so bleibt aber an und für sich lurch die verschiedenen Widerstände die Geschwindigkeit während mehrerer Umdrehungen constant. Uebrigens sind auch bei ungleichmässiger Geschwindigkeit die Zeitbestimmungen absolut sicher, weil dieselben durch Abzählen der von der Stimmgabel *b* aufgezeichneten Schwingungen geschehen. Aus diesen

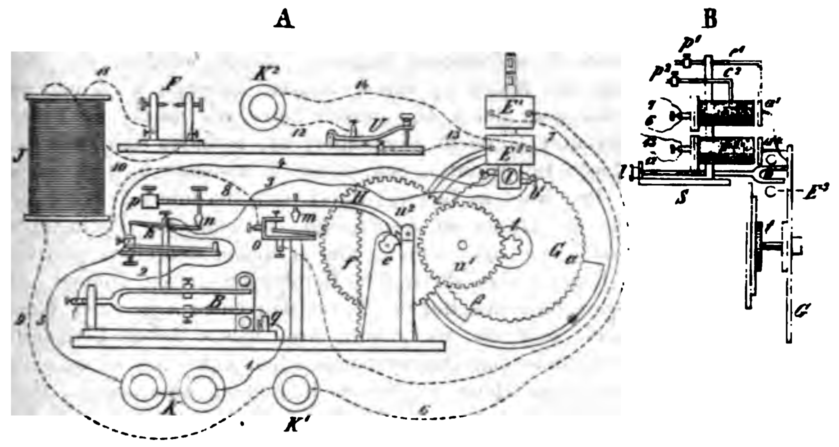


Fig. 154.

cann, da die Schwingungsdauer der Gabel zuvor bestimmt worden ist, die Zeit nmittelbar berechnet werden. Damit nun aber nicht durch Superposition rieler Schwingungsreihen das Zählen derselben unmöglich werde, ist eine Vorichtung angebracht. welche bewirkt. dass die Stimmgabel *b* erst sehr kurze Zeit vor dem Anfang des zu messenden Zeitraums zu schwingen beginne. Zu liesem Zwecke ist zunächst eine zweite Stimmgabel *B* angewandt, von ähnicher Construction wie sie HELMHOLTZ für akustische Versuche benutzt hat [1]. uch die Zinken dieser grösseren Gabel. welche um eine Octave tiefer als die abel *b* gestimmt ist, befinden sich zwischen den Armen eines Elektromagneten, er mit einer starken constanten Kette in solcher Weise verbunden ist. dass

[1]) HELMHOLTZ, Lehre von den Tonempfindungen. 3. Aufl. S. 185, Fig. 33.

der Strom in demselben durch die Schwingungen der Stimmgabel abwechselnd geschlossen und wieder unterbrochen wird, indem ein am untern Zinken der Gabel festgelötheter und rechtwinkelig gebogener Draht in dem Quecksilbernäpfchen q abwechselnd den Strom schliesst und wieder öffnet. Auf der Oberfläche des Quecksilbers muss sich, damit dasselbe nicht rasch durch die Funken verbrenne, immer etwas Alkohol befinden. Nun ist die Einrichtung getroffen, dass der durch die Stimmgabel B fliessende Strom durch eine an dem Registrirapparat angebrachte Vorrichtung sehr kurze Zeit vor der Einwirkung des Reizes plötzlich in die Windungen des Elektromagneten der kleinen Stimmgabel b abgezweigt werde. Diese letztere muss hinreichend dünn gearbeitet sein, damit sie durch das abwechselnde Entstehen und Verschwinden des Stromes in ihrem Elektromagneten leicht von selbst in Schwingungen gerathe. Da nun durch die Gabel B solche Stromunterbrechungen in regelmässigen Intervallen geschehen, die zu den Schwingungen der Gabel b in dem einfachen Verhältniss 1 : 2 stehen, so verstärken sich die letzteren Schwingungen ausserordentlich rasch, und es werden deutlich sichtbare Schwingungscurven auf der berussten Glasplatte gezeichnet. Sowohl die Eröffnung dieser Nebenleitung zum Elektromagneten E^3 der kleinen Stimmgabel wie die Auslösung des Reizes wird durch das Uhrwerk selbst besorgt. Es befindet sich nämlich an dem grössten, sehr langsam bewegten Rad u^2 eine Axe e, welche zweimal in Form einer Archimedischen Spirale geschnitten ist. Auf dieser Axe ruht aber ein am Hebel H befindlicher Daumen, durch welchen der Hebel während der Umdrehung des Rades u_2 zuerst langsam gehoben wird und dann plötzlich niederfällt. An dem Hebel H, dessen Bewegung durch die Feder f und das vorn festgeschraubte Gewicht p gesichert ist, befinden sich zwei Hammerköpfe m und n, deren Höhe durch Schrauben in ziemlich weitem Umfang variirt werden kann. Der Kopf m bewirkt durch sein Herunterfallen die Oeffnung des Unterbrechers o. Dieser ist geschlossen, so lange der Platinstift mit dem Metallplättchen, das, wie man sieht, federnd gegen denselben andrückt, in Contact steht: der Kopf m löst durch sein Herabfallen diesen Contact. Der Kopf n fällt beim Niedersinken des Hebels H auf den einen Arm eines kleinen Metallhebels h, wodurch sich ein am andern Arm dieses Hebels befindlicher Stift aus einem darunter stehenden Quecksilbernäpfchen hebt und so eine zwischen dem letzteren und dem Hebel h bestehende Leitung unterbricht. Durch Verstellen der Schrauben m und n sowie des Quecksilbernäpfchens bei h kann man es leicht so einrichten, dass durch den Hebel H der Contact bei n entweder gleichzeitig oder eine kurze Zeit früher gelöst wird als der bei m. Die Registrirung des Reizes und seiner Apperception wird endlich durch die zwei Elektromagnete E^1 und E^2 besorgt. Der Elektromagnet E^1 steht in Verbindung mit der Kette K^1 und dem Unterbrecher o, der Elektromagnet E^2 mit der Kette K^2 und dem Unterbrecher U, welcher letztere vollständig dem in Figur 153 abgebildeten gleicht. Auch hier wird der Contact U von dem Beobachter in dem Moment gelöst, in welchem er den Eindruck wahrnimmt. Beide Elektromagnete liegen über einander, und an ihren Ankern finden sich vorn die Stifte a^1 und a^2 (Fig. B), die, sobald die Anker nicht angezogen sind, in dem Russ der Glasplatte G Linien ziehen. Der Stift a^1 ist sehr fein, so dass er der Bewegung der Glasplatte keinen bedeutenden Widerstand entgegensetzt, der Stift a^2 dagegen ist breit und bringt durch die Reibung in sehr kurzer Zeit die Scheibe zum Stillstande. Befestigt sind die beiden Anker an den Hebeln c^1

und c^2, welche oben mit Gewichten p^1, p^2 belastet sind, durch deren Einstellung die rasche Bewegung der Anker und Stifte im Moment der Stromunterbrechung bewirkt wird. Die Elektromagnete befinden sich samt der kleinen Stimmgabel b an einem Stativ, welches durch die Schraube l auf dem Schlitten S vor- und rückwärts bewegt werden kann, um dadurch die richtige Entfernung der Stifte von der Glasplatte zu Stande zu bringen. Ausserdem ist an dem Apparate noch eine zweite Schlittenverschiebung in der Richtung des Radius der Glasplatte angebracht, welche in unsere schematische Abbildung der Einfachheit halber nicht aufgenommen wurde. Dieselbe hat den Zweck das Stativ mit den Elektromagneten und der Stimmgabel so zu verrücken, dass mit einer und derselben Platte mehrer Versuche hinter einander ausgeführt werden können. J ist ein kleiner RUHMKORFF'scher Inductionsapparat, F eine Vorrichtung, welche im Moment der Stromunterbrechung das Ueberspringen der Funken desselben zwischen zwei Platinspitzen vermittelt. Der Unterbrecher U wird samt dem Funkengeber F am besten auf einen besondern Tisch gestellt, so dass der ganze übrige Apparat für den Beobachter nicht sichtbar ist. Bei der Ausführung eines Versuchs verfährt man nun folgendermaassen. Zunächst werden die beiden Köpfe m und n in der richtigen Weise eingestellt: bei h und o werden die Contacte geschlossen, der Hebel H an die Axe e so angelegt, dass das Uhrwerk mehrere Minuten zu gehen hat, bis der Fall des Hebels eintritt. Die Ketten K, K^1 und K^2 werden geschlossen, die Stimmgabel B in Schwingungen versetzt, der Unterbrecher U niedergedrückt und das Uhrwerk durch Druck an einem mit dem Rad w^2 in Verbindung stehenden (hier nicht abgebildeten) Schlüssel in Bewegung gesetzt. Zunächst geht der Strom der Kette K von 1 durch q, B und 2 nach h, von hier durch das Quecksilbernäpfchen und 5 nach K zurück. Der Strom der Kette K^1 geht durch 6 nach dem Elektromagneten E^1; dann durch 7 zum Unterbrecher o, durch 8 nach dem Inductionsapparat J und durch q zu K^1 zurück. F ist durch die Drähte 10 und 11 mit den Enden der secundären Spirale von J verbunden. Endlich der Strom der Kette K^2 geht durch 12 zum geschlossen gehaltenen Unterbrecher U, durch 13 zum Elektromagneten E^2 und durch 14 zur Kette zurück. Da K^1 und K^2 geschlossen sind, so werden die Anker der Elektromagnete angezogen, und die beiden Stifte a^1 und a^2 berühren die Glasplatte nicht. Da ferner die Leitung bei h geschlossen ist, so tritt der Strom der Stimmgabel B nicht in den Kreis des Elektromagneten E^3 ein, die kleine Stimmgabel bleibt also in Ruhe und zeichnet bloss einen kreisförmigen Strich auf die Glasplatte. Im Moment wo der Hebel H herabfällt ereignet sich nun folgendes. Zuerst trifft n auf den Hebel h, und der Contact desselben wird geöffnet. Jetzt geht daher der Strom der Kette K durch 1, B, 2 nach h, von da nach 3, durch die Klemme b' zum Elektromagneten E^3, aus diesem durch 4 und 5 nach K zurück. Jetzt ist also der Elektromagnet der kleinen Stimmgabel in den Kreis aufgenommen, und diese empfängt durch jede von der grossen Stimmgabel ausgeführte Unterbrechung einen Anstoss, der sie in immer kräftigere Schwingungen versetzt. Sehr kurze Zeit nachdem n auf h gestossen ist, erreicht aber auch der Kopf m das Plättchen des Unterbrechers o und reisst es von der Platinspitze ab. Dadurch wird der Strom der Kette K^1 unterbrochen, bei F springt ein Oeffnungsinductionsfunke über, und gleichzeitig berührt a^1 die Glasplatte G und zeichnet auf derselben einen kreisförmigen Strich. Sobald der Beobachter den Funken sieht, löst er den Contact in U. Dadurch wird

der Strom der Kette K^2 unterbrochen, der Stift a^2 fährt vor und hemmt zugleich nach sehr kurzer Zeit die Bewegung. Nehmen wir an, bei α auf der Platte G beginne der von a^1, bei β der von a^2 herrührende Strich, so hat man nur einfach die zwischen α und β gelegenen Schwingungen zu zählen, woraus sich unter Berücksichtigung der Schwingungsdauer der Stimmgabel b die absolute Dauer der physiologischen Zeit ergibt. Die von mir benützte Stimmgabel machte 348 Schwingungen in 1 Secunde. Da nun $^1/_4$ einer ganzen Schwingung noch sehr gut bestimmt werden konnte, so war die Genauigkeit mindestens $^1/_{1000}{}''$ [1].

Für Schallversuche wurde entweder eine kleine Glocke angewandt, wobei der Fall des Kopfes m gegen die Glocke zugleich eine Nebenschliessung von sehr kleinem Widerstand zum Elektromagneten E^1 schloss, oder es wurde der Unterbrecher o zunächst mit einem besonderen elektromagnetischen Fallhammer in Verbindung gesetzt, der dann im Moment des Falls wieder eine Nebenleitung zu E^1 schloss und so das Losfahren des Stiftes a^1 bewerkstelligte. Bei den Versuchen über elektrische Reizung war die Anordnung eine ähnliche wie in Fig. 154. Nur war statt des RUHMKORFF'schen ein DU BOIS'scher Schlittenapparat eingeschaltet, wie er zu physiologischen Reizversuchen gebräuchlich ist. Zu Versuchen über schwache Tasteindrücke liess ich dem Hebel H auf der entgegengesetzten Seite einen zweiten Arm geben, der sich beim Herabfallen des Hebels H aufwärts bewegte, wobei ein am Ende jenes Hebelarms angebrachter Hammerkopf gegen ein auf einem durchbohrten Tischchen (ähnlich dem Tischchen T^1 in Fig. 155 befestigtes sehr dünnes Metallplättchen anschlug. Auf dieses Metallplättchen, durch dessen Contact mit dem Hebel abermals eine Nebenleitung zu E^1 geschlossen wurde, hatte der Beobachter seinen Finger gelegt. Es fielen also nun wieder der Eindruck und die Bewegung des Stiftes a^1 zusammen.

Bei den Passageapparaten ist die Registrirbewegung des Beobachters ausgeschlossen. Es wird bei ihnen entweder die zum Vollzug einer Vorstellung nöthige Dauer bestimmt, indem man einen Eindruck nach veränderlicher Zeit durch einen zweiten Eindruck auf den nämlichen Sinnesnerven auslöscht; oder es werden disparate Sinneseindrücke in regelmässiger Zeitfolge hervorgebracht, um die eintretenden Zeitverschiebungen zu ermitteln. Der Apparat, welchen HELMHOLTZ, EXNER und BAXT zum ersteren Zweck anwandten, besteht im wesentlichen aus zwei parallel gestellten kreisförmigen Scheiben, die sich um die nämliche, durch die Mittelpunkte der Scheiben gehende Axe mit ungleicher Geschwindigkeit drehen. Letzteres ist dadurch erzielt, dass die Rotation der einen Scheibe mittelst Zahnrädern auf die andere übertragen wird. Beide Scheiben haben Ausschnitte und lassen, so lange diese Ausschnitte coincidiren, dem Auge des Beobachters einen sonst verdeckten Gegenstand sichtbar werden. Die Dauer der Sichtbarkeit kann aus der Winkelgeschwindigkeit der Scheiben, welche durch eine elektromagnetische Rotationsmaschine constant erhalten wird.

[1] In Fig. 154 sind der Deutlichkeit wegen die Schwingungen im Verhältniss zu den übrigen Dimensionen stark vergrössert: sie sind nämlich ungefähr in der Hälfte, die Glasplatte dagegen nur in $^1/_5$ ihrer wirklichen Grösse dargestellt. Noch mehr sind die Distanzen der von den Stiften gezeichneten Linien und der Schwingungscurve vergrössert. Diese Distanzen betragen höchstens je 2 Mm., theils um die Punkte α und β genau bestimmen zu können, theils um viele Versuche auf eine einzige Glasplatte zu bringen.

und aus der Grösse der Ausschnitte berechnet werden. Ein zwischen den beiden Scheiben angebrachtes schwach vergrösserndes Linsensystem dient endlich noch dazu, von den Rändern des einen der Ausschnitte ein so starkes Zerstreuungsbild zu entwerfen, dass der Gegenstand in allen seinen Theilen gleichzeitig erscheint und wieder verschwindet[1].

Zur Messung der psychologischen Zeitverschiebung habe ich, wie oben bemerkt, theils eine mit gleichförmiger Geschwindigkeit rotirende Scheibe theils einen Pendelapparat benützt. Ich werde mich auf die Beschreibung des letzteren beschränken, da die Einrichtungen für die Auslösung des Schalleindrucks bei beiden Vorrichtungen ähnlicher Art waren, aber nur die zweite sorgfältiger ausgeführt worden ist und zu zahlreichen Versuchsreihen gedient hat. Der Pendelapparat ist im wesentlichen eine Pendeluhr mit veränderlicher Pendellänge. Auf einem Fussbrett, welches durch drei Stellschrauben und mit Hülfe eines an dem Faden *g* hängenden Lothes nivellirt wird, befindet sich eine hölzerne Säule *M* von 120 Cm. Höhe. Der obere Theil derselben samt den damit zusammenhängenden wesentlichen Theilen ist in Fig. 155 abgebildet. Auf dem obern Ende der Säule *M* sitzt eine Messingplatte *m* fest, auf welche hinten der Scalenhalter *n* und vorn das Zeigerwerk festgeschraubt ist. Der erstere hat zwei divergirende Arme *o o'*, an deren oberem Ende zwei auf der Fläche der Arme senkrechte Säulchen aufsitzen, welche die Scala *S* tragen. Der äussere Krümmungsradius der Scala beträgt 11 Cm. Sie ist von zwei zu zwei Winkelgraden durch Theilstriche, von zehn zu zehn durch Ziffern eingetheilt. Am rechten Arm *o'* des Halters befindet sich ausserdem eine kleine Messinghülse *h*, in welcher die Glocke vermittelst ihres Stiels *b* festsitzt. Diesen kann man samt der Glocke in der Hülse emporschieben und durch Anziehen der Schraube *s* feststellen. Es geschieht dies, falls man, wie z. B. in Tastversuchen, das Anschlagen der Glocke bei den Bewegungen des Uhrwerks und des Hebels vermeiden will. Die Drehungsaxe des Zeigers *Z* ist mit einem kleinen Zahnrad *y* versehen. Der Zeiger kann an dieser Axe in jeder beliebigen Lage festgestellt werden. Ausser den eben beschriebenen Theilen trägt die Messingplatte *m* auf der rechten Seite das Lager für die gemeinsame Axe des Schallhammers *q* und des Hebels *H*; beide sind dicht neben einander auf der nämlichen Drehungsaxe befestigt. In das obere Ende von *q* ist ein Knopf eingeschraubt, der bei einer bestimmten Stellung der Hebelaxe auf die Glocke *G* aufschlägt. Der Hebel *H* besteht aus einem linken längeren und einem rechten kürzeren Arm. Am Ende des letzteren befindet sich ein Schraubengang, auf welchem der Knopf *l* hin- und hergeschraubt werden kann, um die Last auf beiden Seiten zweckmässig zu vertheilen. Am Ende des linken Arms befindet sich der Tasthammer *v*, welcher mit einem elfenbeinernen Knopfe versehen ist. Zu diesem für die Tastversuche bestimmten Theil des Apparats gehört ausserdem das an der Säule befestigte Tischchen *T*, welches ein auf drei Messingfüssen stehendes kleineres rundes Tischchen *T'* trägt. Dieses hat in der Mitte, dem Tasthammer *v* gegenüber, eine runde Oeffnung, in welche das Elfenbeinplättchen *f* eingeschraubt werden kann. Auf seiner untern Fläche ist das letztere, um den Stoss von *v* abzuschwächen, mit Leder überzogen. Das Tischchen *T* ist der Oeffnung *T'* gegenüber von der Schraube

---

[1] Exner, Sitzungsber. der Wiener Akademie. Mathem.-naturw. Cl. Abth. II. Bd. 58. S. 602 f.

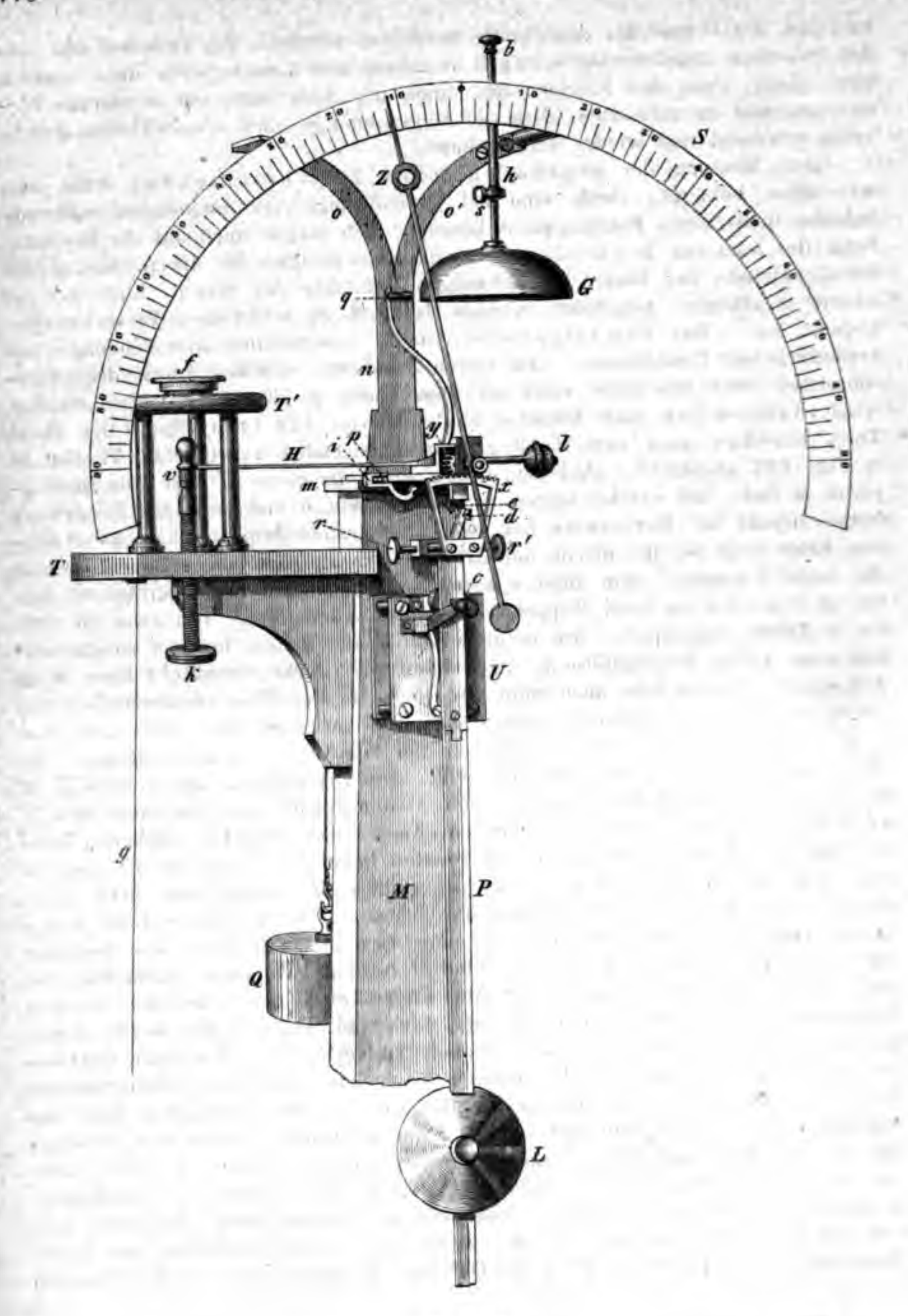


Fig. 155.

k durchbohrt, auf deren oberem Ende *e* aufruht, wenn das Uhrwerk stillesteht. Durch Auf- oder Niederschrauben der Schraube *k* und der Platte *f* kann die Schwingungsweite von *r* und damit auch des Hebels *H* verändert werden. An der vordern Seite der Säule *M*, etwas nach unten von der Messingplatte *m*, ist das Uhrgehäuse *U* angebracht. Dasselbe enthält ein einfaches Pendeluhrwerk, welches nur hinsichtlich der Einrichtung des Kronrades eine Besonderheit bietet. Die Axe des letzteren läuft nämlich unten in einer Stahlplatte, welche mittelst einer Schraube einer über ihr befindlichen festen Messingplatte entweder genähert oder von ihr entfernt werden kann. Dadurch kann die Wirkung des Uhrwerks auf das Pendel und in Folge dessen die Amplitude der Schwingungen innerhalb ziemlich weiter Grenzen variirt werden. Ausserdem lässt durch diese Einrichtung die während längerer Versuchsperioden unvermeidlich eintretende Abnützung der Zähne des Kronrades sich compensiren. Die Verbindung des letzteren mit der Pendelaxe ist die bei grösseren Pendeluhren gewöhnliche. Die Axe des Steigrads durchbohrt die Säule *M* und trägt auf der hinteren Seite das Gewichtsrad, an welchem mittelst einer mehrfach umgeschlungenen Schnur das Gewicht *Q* befestigt ist; durch Umdrehen des Gewichtsrades wird das Uhrwerk aufgezogen. Die Pendelstange *P* ist in ihrem oberen Theil aus Metall, in ihrem unteren grösseren aus Holz. Die ziemlich schwere Linse *L* kann an dem hölzernen Theil der Pendelstange mittelst der an ihr befindlichen Schraube verstellt werden, wodurch sich die Schwingungsdauer verändert. Die Pendelstange selbst ist darnach empirisch graduirt. Um die Pendelbewegungen auf das Zeigerwerk zu übertragen, stellt das Ende *x* des Pendels den Sector eines Zahnrades dar, dessen Zähne genau in das an der Axe des Zeigers befindliche Zahnrädchen *y* eingreifen. Da der Halbmesser des Zahnrädchens genau $^1/_{10}$ von demjenigen des Sectors beträgt, so muss sich der Zeiger mit der zehnfachen Winkelgeschwindigkeit des Pendels bewegen. Mit dem obern Theil des Pendels ist endlich ein Messingansatz fest verbunden, der von der Pendelaxe durchbohrt wird und um dieselbe gedreht werden kann. Dieser Ansatz ragt in den von dem gezahnten Sector umschlossenen Raum hinein und endigt hier mit dem Daumen *d*. Die Verbindungsstücke des Sectors mit der Pendelstange sind aber von den Schrauben *r r'* durchbohrt, die, wenn man sie möglichst sich annähert, das den Daumen *d* tragende Ansatzstück zwischen sich fassen. Durch Aenderung der Schraubenstellung kann daher die Stellung des Daumens innerhalb ziemlich weiter Grenzen verändert werden. Die Bewegung des Pendels wird nun auf den Hebel *H* mittelst einer Zwischenvorrichtung übertragen. Dieselbe besteht aus einer von einer Feder umsponnenen Axe, die vorn den an den Daumen des Pendels sich anlegenden Fortsatz *e* trägt, und an der sich hinten nahe vor dem Hebel *H* der Mitnehmer *i* befindet. Dieser umfasst etwa in der Weise eines in zwei Phalangen gebogenen Fingers einen an dem Hebel befindlichen Stift *p*. Wenn Pendel und Zeiger sich für den Beobachter von links nach rechts bewegen, so stösst der Daumen *d* an den Fortsatz *e* an, dadurch dreht sich die mit dem letzteren verbundene Axe gleichfalls von links nach rechts, der Mitnehmer *i*, und durch ihn der Stift *p* und Hebel *H* werden in die Höhe gehoben, bis der an diesem befestigte Hammer bei einer bestimmten Stellung an die Glocke anschlägt. Der Apparat muss so eingestellt sein, dass in dem Moment, in welchem dies eintritt, der Fortsatz *e* wieder von dem Daumen *d* abgleitet, was durch die Wirkung einer Spiralfeder unterstützt wird, welche die Axe, an der *e* befestigt ist,

umwindet. Im selben Augenblick aber fällt auch der Hebel und der Hammer wieder zurück. Es kann also die Berührung zwischen Hammer und Glocke durch sorgfältige Einstellung des Hebels und des Hammerköpfchens geradezu auf einen Moment beschränkt werden, so dass der Glockenschlag keinen die Bewegung des Pendels und Zeigers störenden Stoss verursacht. Geht dann das Pendel rückwärts von rechts nach links, so gleitet der Daumen *d* ohne erheblichen Widerstand an dem Fortsatz *e* vorbei, da, wenn die Axe des letzteren in dieser Richtung sich dreht, die Feder nicht gespannt wird, und der Mitnehmer *i* gleitet leicht von dem Stift *p*, der in ihm ruht, ab. Es findet also immer nur dann, wenn Pendel und Zeiger von links nach rechts gehen, eine Bewegung des Hebels und ein Glockenschlag statt. Die Zeit aber, zu welcher der Glockenschlag stattfindet, lässt sich durch wechselnde Einstellung des Daumens *d* mittelst der Schrauben *r r'* variiren. Da die Bewegungen des Hebels und Hämmerchens die Versuche stören würden, indem sie die Aufmerksamkeit abziehen, so werden alle hinter der Scala befindlichen Theile des Apparats durch einen schwarzen (in der Abbildung weggelassenen) Schirm verdeckt, der oben an den die Scala tragenden Messingsäulchen festgebunden ist.

Die Anstellung der Beobachtungen geschieht nun in folgender Weise. Nachdem die Bewegung des Hebels regulirt wurde, bringt man zunächst die Pendellinse in die für die beabsichtigte Schwingungsdauer erforderliche Höhe und erzeugt dann durch die früher beschriebene Verstellung des Kronrades die gewünschte Schwingungsamplitude. Hierauf wird der Daumen *d* durch die Einstellung der Schrauben *r r'* in eine beliebige, jedenfalls aber dem Beobachtenden unbekannte Lage gebracht. Macht man an sich selber die Versuche, und hat man keinen Gehülfen, der die Einstellung übernimmt, so stellt man am besten unmittelbar nach jeder Beobachtung für die nächste ein und verfährt dabei möglichst unaufmerksam. Sind alle Vorbereitungen beendet, so wird durch Anstossen des Pendels das Uhrwerk in Bewegung gesetzt. Bei jeder Bewegung des Zeigers von links nach rechts sucht man denjenigen Theilstrich der Scala zu bestimmen, vor welchem der Zeiger im Moment des Glockenschlags oder des Tasteindrucks vorbeizugehen scheint. Damit diese Auffassung mit der erforderlichen Genauigkeit geschehen könne, muss das Uhrwerk einige Zeit im Gang erhalten bleiben. Im allgemeinen ist das Urtheil um so länger schwankend, je rascher die Bewegung ist. Nachdem man hinreichend scharf den Theilstrich der Scala festgestellt hat, bei welchem der Eindruck aufgefasst wurde, wird derselbe samt der zugleich stattfindenden Schwingungamplitude und Schwingungsdauer notirt. Dann erst sieht man nach, welcher Moment der Bewegung des Zeigers wirklich mit dem Eindruck zusammenfiel. Dies geschieht, indem man langsam das Pendel von links nach rechts führt, bis der Hammer *q* die Glocke oder das Knöpfchen *r* den Finger berührt.

Mit den Vorstellungen, welche durch äussere Sinneseindrücke geweckt werden, verweben sich fortwährend die Erinnerungsbilder früherer Anschauungen, bald die unmittelbare Wahrnehmung ergänzend und mit ihr untrennbar verschmelzend, bald ihr selbständig gegenübertretend und dann durch ein Zeitintervall deutlich getrennt. Zieht sich unsere Aufmerksam-

keit zurück von der sinnlichen Wahrnehmung, so beginnen nun die Erinnerungsbilder selbst mit einander zu wechseln, und es gestaltet sich so ein innerer Verlauf reproducirter Vorstellungen, bei dessen Untersuchung wir die störende Einwirkung äusserer Sinnesreize ebenso fern halten müssen, wie wir uns bisher möglichst auf das Verhalten der unmittelbaren Sinneseindrücke im Bewusstsein beschränkten. Es zeigt sich aber freilich sogleich, dass eine solche Scheidung der beiden Gebiete nicht vollständig durchzuführen ist. Das Hereinragen der Reproduction in die Auffassung des zeitlichen Verlaufs der äusseren Reize haben wir oben bei der Wahrnehmung erwarteter Eindrücke kennen gelernt. Die Erinnerungsbilder stammen nun vollends ganz und gar aus früheren Sinnesanschauungen. Wie daher bei der Betrachtung der Qualität und Stärke derselben die Vergleichung mit den Anschauungsvorstellungen den Maassstab angeben musste [1], so erhebt sich bei ihrem Verlauf vor allem die Frage, wie sich derselbe zu dem zeitlichen Wechsel der ursprünglichen Eindrücke, auf welche sie sich zurückbeziehen, verhalte. Ist diese Frage beantwortet, so wird dann erst zu untersuchen sein, wie die Erinnerungsbilder ihrem Inhalte nach mit einander verbunden werden, wenn sie ihrem eigenen Ablaufe überlassen sind.

Wir können uns einen zwischen zwei Eindrücken gelegenen Zeitraum in der Erinnerung grösser oder kleiner vorstellen, als er wirklich ist. In der That findet sich das erste ganz allgemein bei kleinen, das zweite bei grösseren Zeiträumen. Dies ist schon aus der gewöhnlichen Selbstbeobachtung bekannt. Wollen wir uns z. B. Bruchtheile einer Secunde denken, so machen wir uns unwillkürlich eine zu grosse Zeitvorstellung; das entgegengesetzte geschieht bei der Vorstellung mehrerer Minuten oder Stunden. Vierordt hat für kleinere Zeitintervalle diese Erscheinungen experimentell verfolgt, indem er die Pendelschläge eines Metronoms beobachten und dann durch eigene Einstellung den Beobachter diejenige Schlagfolge hervorbringen liess, welche ihm ebenso schnell wie die zuvor gehörte erschien. Es fiel dabei die nachgemachte Zeit länger aus als die wahrgenommene, wenn diese klein, kürzer, wenn sie gross war. Dazwischen lag ein Indifferenzpunkt, wo ungefähr die richtige Einstellung getroffen wurde. Dieser Punkt wechselt bei verschiedenen Individuen; er hängt ausserdem von den Nebenumständen des Versuchs und vielleicht von dem in Anspruch genommenen Sinnesgebiete ab. Die individuellen Schwankungen erstreckten sich beim Gehör von 1,5 bis zu 3,5 Sec. Bei sich selbst fand Vierordt jenen Punkt für den Tastsinn bei 2,2—2,5, für den Gehörssinn bei 3—3,5 Sec., wenn zwischen der Empfindung und ihrer Wiederholung ein kleines Zeitintervall

---

[1] Vergl. S. 644.

gelegen war. Wurde dieses Intervall möglichst kurz genommen, so sank der angegebene Zeitwerth, und mit der Verlängerung desselben nahm er zu[1].

Auch bei der Schätzung grösserer durchlebter Zeiträume machen sich diese Gesetze sowohl in der allgemeinen Verkürzung durch die Erinnerung wie insbesondere noch darin geltend, dass eine kürzere Zeit relativ in der Regel grösser als eine längere empfunden wird. Ein eben durchlebter Monat und ein eben durchlebtes Jahr erscheinen uns also beide zu kurz in der Erinnerung, das letztere ist aber doch relativ weit mehr verkürzt. Entfernen wir uns ausserdem auch noch von dem Endpunkt der Zeitreihe, so rückt dieselbe in der Erinnerung immer mehr zusammen. So schliessen diese allbekannten psychologischen Thatsachen unmittelbar den Beobachtungen sich an, welche sich für den Verlauf der Vorstellungen unter den einfachsten Bedingungen des physiologischen Versuchs ergeben.

Schon in jenen Fällen der gewöhnlichen Erfahrung wird aber stets die Zeitauffassung noch durch andere Bedingungen complicirt, namentlich durch die Beschaffenheit der Vorstellungen, welche die Zeit ausfüllen. Beginnen wir hier wieder mit der Schätzung einfacher Sinneseindrücke, so lässt sich z. B. das Intervall zweier Pendelschläge ohne weiteres annähernd richtig feststellen, nur mit den kleinen Fehlern behaftet, welche, wie oben bemerkt, die Grösse der Zwischenzeit mit sich führt. Suchen wir aber eine grössere Zahl gleicher Pendelschläge zusammenzufassen, so gelingt dies nur, indem wir den einzelnen je nach ihrer Zeitordnung eine verschiedene Intensität beilegen. Man ertappt sich daher bei diesen Versuchen immer darüber, dass man die einander regelmässig folgenden Eindrücke in die Taktform bringt. Hierin gibt sich deutlich die früher hervorgehobene Wichtigkeit des Taktes für die Zeitauffassung zu erkennen[2].

Anders verhält sich die Sache, wenn verschiedene Vorstellungen unregelmässig wechselnd den Zeitraum ausfüllen. Nach bekannter Erfahrung verfliesst uns die Zeit am schnellsten, wenn uns irgend eine Beschäftigung veranlasst nicht an die Zeit zu denken, und sie verfliesst uns am langsamsten, wenn wir immerfort an sie denken, in der Langeweile. In diesen Fällen handelt es sich aber nicht um eine Schätzung verflossener sondern um eine solche bevorstehender Zeiträume. Eine in Langeweile verbrachte Zeit kann in der Erinnerung kurz erscheinen. Das Gefühl des langsamen Abflusses der Zeit entspringt hier nur aus der Spannung der Aufmerksamkeit auf zukünftige Eindrücke. Darum wird uns z. B. die Zeit

---

[1] VIERORDT, der Zeitsinn nach Versuchen. Tübingen 1868. S. 36 f. S. 111 f.
[2] Vergl. S. 517. VIERORDT, a. a. O. S. 141.

ausnehmend lang, wenn wir Jemanden erwarten, der nicht kommen will. Trifft der Ersehnte wirklich ein, so ist jene Spannung plötzlich vergessen, und die Zeit der Erwartung kann nun in der Erinnerung sogar sehr kurz erscheinen. Dem mit Arbeit Beschäftigten verfliesst dagegen nur darum die Zeit schnell, weil seine Aufmerksamkeit in jedem Moment durch die gegenwärtigen Eindrücke gefesselt wird. Verschieden davon ist das Gefühl für die vergangene Zeit. Eine in aufmerksamer Arbeit verbrachte Zeit kommt uns zwar in der Regel auch in der Erinnerung kurz vor, aber aus einem andern Grunde, weil nämlich die Vorstellungen, die bei derselben wirksam gewesen sind, in einem durchgängigen Zusammenhange stehen, so dass sie einander leicht durch Reproduction wachrufen. Auf diese Weise ist uns dann die ganze Zeitstrecke nach ihrem Abfluss ohne Schwierigkeit in einem Gesammtbilde gegenwärtig. Die Regel der rückwärtsgehenden Zeitverkürzung ist desshalb hier nicht ohne Ausnahmen. Wer mit tausenderlei kleinen, nicht zusammenhängenden Arbeiten eine gewisse Zeit hinbrachte, die ihm während des Ablaufs schnell verfloss, hat doch am Ende derselben das Gefühl einer langen Zeit. Ebenso empfinden wir mitten in einem lebhaften Traume keine Langeweile; dennoch glauben wir beim Erwachen unendlich lange geträumt zu haben, und das um so mehr, je mannigfaltiger und unzusammenhängender die einzelnen Traumbilder gewesen sind. Wir müssen also das prospective und retrospective Zeitgefühl unterscheiden. Das erstere besteht einfach in der Spannung der Aufmerksamkeit auf erwartete Eindrücke; das letztere beruht auf der Reproduction der in einer gewissen Zeitstrecke vorhanden gewesenen Vorstellungen. Hierin liegt dann zugleich die Erklärung für alle Erscheinungen, die wir in Bezug auf dieses retrospective Zeitgefühl festgestellt haben. Eine Zeitstrecke bedarf in allen Fällen mindestens zweier auf einander folgender Vorstellungen. In der Erinnerung reproduciren wir diese in derselben Reihenfolge, in der sie uns durch den unmittelbaren Sinneseindruck gegeben wurden. Nun bedarf aber die Reproduction unter allen Umständen einer gewissen Zeit. Die Schätzung sehr kleiner Zeitstrecken zeigt, dass diese Zeit der Reproduction sich der kürzesten Zeitfolge der unmittelbaren Empfindungen nicht mehr anzupassen vermag. Zur Reproduction einer Vorstellung wird also im allgemeinen mehr Zeit erfordert, als zu ihrer Production nöthig ist.

Auch die Zeit, welche die Production der Vorstellung erfordert, ist nun, wie wir früher gesehen haben, nicht unveränderlich. Zwei gleichzeitige Eindrücke können z. B. gleichzeitig appercipirt, sie können aber auch in eine Succession geordnet werden, und die Minimalzeit, die in diesem Fall zwischen ihnen verfliesst, ist von der Spannung der Aufmerk-

samkeit abhängig. Je grössere Intensität die letztere hat, um so mehr Zeit verfliesst, bis der zweite Eindruck appercipirt werden kann. Ohne Zweifel wird daher auch die Reproductionsdauer von der Spannung der Aufmerksamkeit abhängen. Der Indifferenzpunkt wird derjenigen Zeitgrösse entsprechen, bei welcher die Aufmerksamkeit mit der geringsten Schwierigkeit zwischen den zwei einander folgenden Eindrücken wechseln kann. Diese Zeit ist immer sehr erheblich, und sie scheint bei Beobachtern, die im Aufmerken geübt sind, besonders gross zu sein, was mit den allgemeinen Eigenschaften der Aufmerksamkeit wohl übereinstimmt.

Obgleich die Spannung der Aufmerksamkeit erst nach einer so langen Zeitdauer vollständig genug wird, um den Fehler zwischen der direct empfundenen und der reproducirten Zeit zu einem Minimum zu machen, so werden nun doch auch noch erheblich kleinere Zeiträume in der Reproduction deutlich als kleinere unterschieden. Dies könnte auffallend scheinen. Es ist aber dabei erstens zu bedenken, dass wir selbstverständlich auch noch an solche Zeitunterschiede uns erinnern können, denen die Spannung der Aufmerksamkeit sich minder sicher anzupassen vermag; die Folge ist dann eben ein grösserer durchschnittlicher Fehler, wie er sich in der That aus den Beobachtungen ergibt. Jene Zeit von 2—3 Secunden bei einem kurzen Intervall zwischen den wirklichen Eindrücken und ihrer Reproduction (S. 781) bezeichnet eben nur diejenige Zeitgrenze, welche unter den gegebenen Bedingungen für den Spannungswechsel der Aufmerksamkeit am günstigsten ist. Sodann kommt aber in Betracht, dass wir bei einem schnelleren Wechsel sehr bald dazu kommen, immer einen oder einige zwischenliegende Eindrücke minder stark zu betonen und so eine Taktform herzustellen, wobei die Senkungen als Unterabtheilungen der Zeit zwischen den Hebungen betrachtet werden, welche letzteren wir hauptsächlich zur Abmessung der Zeitstrecken benützen. Steigt das Intervall der Eindrücke über den Indifferenzpunkt, so wird es in der Reproduction verkürzt, weil der Spannung der Aufmerksamkeit zu viel Zeit gelassen ist. Auch hier kann übrigens der Spannungswechsel der Aufmerksamkeit mit verschiedener Geschwindigkeit geschehen, und im allgemeinen accommodiren wir uns bei der Reproduction ebenfalls möglichst der Geschwindigkeit der äussern Eindrücke. Wir reproduciren daher noch weit über dem Indifferenzpunkt Zeiträume von verschiedener Dauer im richtigen Sinne, aber der absolute Fehler, den wir begehen, wird wieder um so grösser, je weiter wir uns von jener Grenze des leichtesten Spannungswechsels entfernen.

Mit den hier erörterten Eigenthümlichkeiten der absoluten Zeitauffassung hängen die Erscheinungen der relativen Zeitschätzung unmittelbar zusammen. Wenn wir ein erstes Zeitintervall mit einem zweiten vergleichen, welches um irgend einen Betrag von jenem verschieden ist, so

ist uns dabei das erste im Moment der Vergleichung nur noch als Erinnerungsbild gegenwärtig, also mit jenen Fehlern behaftet, welche durch die Reproduction in die Zeitschätzung kommen. Es muss daher nothwendig die Auffassung der Zeitunterschiede bei solchen Intervallen am genauesten sein, welche dem angegebenen Indifferenzpunkt entsprechen, unter und über diesem muss sie in steigendem Grade ungenau werden. So zeigt denn auch der Versuch, dass der eben merkliche Zeitunterschied im Vergleich mit der Totalgrösse der verglichenen Zeiten bei einer sehr kleinen absoluten Zeitdauer gross ist, dann ein Minimum erreicht, und endlich bei wachsender Zeit wieder zunimmt. Den ganzen Verlauf dieser Abhängigkeit ersieht man aus der ersten der folgenden Versuchsreihen; die beiden andern lassen nur die obere Zunahme erkennen. Mit t ist hier die zur Vergleichung dienende Zeit, mit $\frac{\triangle t}{t}$ der Quotient des erkannten Zeitunterschiedes in die absolute Zeitdauer bezeichnet. Als Reize dienten Pendelschläge oder ähnliche intermittirende Schalleindrücke.

I. Mach (Reihe 1)		II. Mach (Reihe 2)		III. Vierordt und Hoering	
t	$\frac{\triangle t}{t}$	t	$\frac{\triangle t}{t}$	t	$\frac{\triangle t}{t}$
0,016	0,750*	0,300	0,050	0,300	0,033
0,110	0,491	0,594	0,064	0,594	0,033
0,375	0,052	0,804	0,080	0,804	0,045
0,535	0,054	1,136	0,135	1,136	0,075
1,153	0,069				
4,520	0,095				
8,000	0,095*				

Die mit * bezeichneten Werthe sind unsicher.

Die beträchtlichen Unterschiede in diesen Versuchsreihen sind wohl theils individuell, theils erklären sie sich aus der Verschiedenheit der Versuchsbedingungen [1]). Die Werthe des Quotienten $\frac{\triangle t}{t}$ scheinen sich zwischen einem untern und einem oberen Maximum zu bewegen und in der Mitte, in Mach's Versuchen etwa bei 0,37″, ein Minimum zu haben: hier ist also die Unterschiedsempfindlichkeit der Zeit am grössten. Der Zeitwerth von 0,37″ ist nun allerdings ziemlich viel kleiner als der von Vierordt für die genaueste

[1]) Die Versuche von Mach sind alle nach der Methode der eben merklichen Unterschiede ausgeführt, für etwas grössere Zeiten mit einem Pendel, bei dem je ein kürzerer auf einen längeren Schlag folgte, wobei dieser Zeitunterschied vom unter- bis zum übermerklichen gesteigert werden konnte. Für schnellere Zeiten benützte Mach ein durch eine Kurbel in Bewegung gesetztes Zahnrad mit zwei gegen einander verstellbaren Scheiben, welches an einem daran gehaltenen Stabe rasch auf einander folgende Schläge bewirkte. Vierordt und Hoering haben ihre Versuche nach der Methode der richtigen und falschen Fälle ausgeführt und das Metronom benützt, dessen Schwingungsdauer in schnell auf einander folgenden Beobachtungen variirt wurde. Die obigen Zahlen sind von Vierordt (a. a. O. S. 153) approximativ aus den direct erhaltenen Zahlen in Werthe der Unterschiedsempfindlichkeit umgerechnet. Die Haupttabelle siehe ebend. S. 70.

Auffassung einer absoluten Zeitgrösse gefundene Betrag. Dies kann aber davon herrühren, dass in MACH's Versuchen die zu vergleichenden Zeiten ohne alle Zwischenzeit und in regelmässigem Wechsel auf einander folgten, während bei VIERORDT im günstigsten Fall die zur Einstellung des Metronoms erforderliche Zwischenzeit vergieng und überdies kein stetiger Wechsel der Schlagfolge möglich war [1]). Dass aber mit dem Intervall zwischen Eindruck und Reproduction sehr rasch der Indifferenzpunkt steigt, haben wir gesehen. Jedenfalls befindet sich die Erscheinung, dass das Maximum der Unterschiedsempfindlichkeit bei einem bestimmten Zeitwerth erreicht wird, von wo dann dieselbe nach unten und nach oben abnimmt, in vollkommener Uebereinstimmung mit der Thatsache des Indifferenzpunktes. Aus diesem Gang der Unterschiedsempfindlichkeit für Zeitgrössen geht hervor, dass das allgemeine psychophysische Gesetz hier nicht oder jedenfalls nur innerhalb engerer Grenzen annähernd verwirklicht sein kann. Bei Gültigkeit dieses Gesetzes müsste der Quotient $\frac{\Delta t}{t}$ constant sein; die angeführten Verhältnisse der absoluten Zeitschätzung bedingen aber eine Zunahme desselben sowohl bei abnehmenden wie bei zunehmenden Werthen von t [2]).

Als allgemeines Resultat ergibt sich aus diesen Beobachtungen, dass der Verlauf der reproducirten Vorstellungen in ganz derselben Weise von dem Spannungswechsel der Aufmerksamkeit beherrscht wird, wie der Verlauf der unmittelbaren Wahrnehmungen. Jeder Vorstellung muss sich die Aufmerksamkeit accommodiren, damit eine Apperception derselben stattfinden kann. Wie wir nun bei den Erscheinungen der Zeitverschiebung beobachteten, dass ein Eindruck zu früh oder zu spät wahrgenommen werden kann, weil der Aufmerksamkeit entweder zu viel oder zu wenig Zeit zu ihrer Anpassung gelassen ist, so kann auch eine Vorstellung zu früh oder zu spät reproducirt werden. Das erstere sehen wir da eintreten, wo eine langsame, das letztere wo eine rasche Reproduction gefordert ist. Auch hier passt sich der Spannungswechsel der Aufmerksamkeit in seiner Geschwindigkeit den erinnerten Eindrücken an. Wir wiederholen daher in unserer Erinnerung im allgemeinen die Erlebnisse nach ihren wirklichen Unterschieden; wir mengen nur die Fehler bei, die sich aus der Anpassungszeit der Aufmerksamkeit ergeben, und die mit der absoluten Zunahme der Zeitintervalle enorm zunehmen. Letzteres führt

---

1) Die Versuche HOERING's über relative Zeitschätzung sind allerdings in ähnlicher Weise ausgeführt. Da sie aber nach der Methode der richtigen und falschen Fälle gewonnen sind, so lassen die Zahlen keine unmittelbare Vergleichung zu.

2) Bei MACH ist höchstens zwischen 0,3 und 1 Sec., bei HOERING innerhalb wenig weiterer Grenzen die Unterschiedsempfindlichkeit annähernd constant. Einige nach ähnlicher Methode ausgeführte Versuche von MAURITIUS (Programm des Gymnasium Casimirianum in Coburg, 1870) scheinen mehr übereinzustimmen, sind aber nicht zahlreich genug.

uns zugleich auf den Punkt, in welchem sich der Verlauf der reproducirten Vorstellungen von demjenigen der entsprechenden Wahrnehmungen wesentlich unterscheidet. **Durch die Reproduction wird erstens der für den vollständigen Spannungswechsel der Apperception günstigste Zeitraum bedeutend vergrössert.** Er erreicht, wie die Versuche über Zeitverschiebung lehren, bei der Succession der Wahrnehmungen kaum *eine* Secunde, da erst, wenn zwei Schalleindrücke durch 4 Secunde getrennt sind, die Zeitverschiebung durchschnittlich null wird. Wenn dagegen nur ein kurzes Intervall zwischen den Eindrücken und ihrer Reproduction liegt, so kann sich der Indifferenzpunkt zwischen den positiven und negativen Werthen der Zeitschätzung schon auf mehrere Secunden erheben. **Zweitens nehmen die Unterschiede der Reproduction von der unmittelbaren Auffassung zu mit der Vergrösserung der zwischen den Vorstellungen gelegenen Zeitdistanz und der Zeit, welche von der Einwirkung der Eindrücke bis zum Moment der Reproduction verflossen ist.** Diese zweite Regel folgt ohne weiteres aus den vorhin erörterten Beobachtungen.

Dem in den obigen Sätzen enthaltenen Gesetze lässt sich folgender Ausdruck geben. Nennen wir t die zwischen zwei Sinneseindrücken gelegene Zeit, ϑ die Wiederholung dieser Zeit in der Reproduction, und bezeichnen wir mit δ die veränderliche Zeitgrösse zwischen dem Ende der wahrgenommenen und dem Anfang der reproducirten Zeit, so folgt die Beziehung zwischen ϑ, t und δ annähernd der Gleichung

$$\vartheta = t - b\,(\delta - a\,t),$$

worin b und a näher zu bestimmende Constanten bedeuten. Durch das Product $a\,t$ wird das Zeitintervall gemessen, welches jenem Indifferenzpunkte entspricht, wo die reproducirte der wirklichen Zeit gleichkommt. Dieses Zeitintervall nimmt zu mit der Grösse der Zeit t, und wir drücken es desshalb durch das Product $a\,t$ aus. Ist $\delta = a\,t$, so wird $\vartheta = t$, was eben die Thatsache der Gleichheit reproducirter und unmittelbar empfundener Zeit ausdrückt. Wird δ kleiner als $a\,t$, so wird ϑ grösser als t, was den Zeiträumen unter der Indifferenzlage entspricht. Wird dagegen δ grösser als $a\,t$, so vermindert sich nun ϑ im Verhältniss zu t in immer wachsendem Maasse.

Indem sich frühere Sinnesvorstellungen anscheinend spontan in unserm Bewusstsein erneuern, folgen sie dabei bestimmten Regeln der gegenseitigen Verbindung. **Reproduction** und **Association** stehen auf diese Weise in inniger Beziehung. Sie sind im Grunde eine und dieselbe Thatsache von verschiedenen Standpunkten aus betrachtet. Bei der Reproduction haben wir das Hervortreten einer Vorstellung in das Bewusstsein, bei der Association ihren Zusammenhang mit einem vorausgegangenen Erinnerungsbild oder Sinneseindruck im Auge. Jedenfalls in der Mehrzahl der Fälle

erweist sich die Association als der Grund der Reproduction. Wir haben gesehen, wie dieser Zusammenhang selbst in den anscheinend regellosesten Phantasiebildern des Traumes nachweisbar ist[1]. Doch lässt sich die Möglichkeit nicht bestreiten, dass, ebenso wie ein äusserer Sinneseindruck oder ein anderes Erinnerungsbild, so auch die automatische Reizung bestimmter centraler Gebiete eine Reproduction erzeugen kann. Aber schon durch das Vorkommen der automatischen Reizung ist diese Form der Reproduction eine beschränktere[2]. Mit Rücksicht auf ihre nächste Ursache lassen sich demnach zunächst zwei Fälle der Reproduction unterscheiden: solche aus physiologischer und solche aus psychischer Reizung. Bei der ersten gibt eine unmittelbare Sinnesanschauung (in seltenen Fällen eine centrale Reizung), bei der zweiten ein anderes Erinnerungsbild den Grund zur Wiedererzeugung der Vorstellung.

Die Sinnesanschauung übt, wie die Erfahrung lehrt, eine ausserordentlich starke reproductive Wirkung aus. Dies zeigt sich vor allem in jenen Reproductionen, welche für uns hier nicht weiter in Betracht kommen, weil sie mit der sinnlichen Wahrnehmung selbst untrennbar verschmelzen, in den Reproductionen der Innervationsgefühle und Tastempfindungen bei der räumlichen Anschauung sowie in den Erscheinungen der physiologischen Illusion (S. 654). Doch regt ein äusserer Eindruck leicht auch solche Erinnerungsbilder auf, welche sich ihm getrennt gegenüberstellen. Dabei folgt die Reproduction im allgemeinen den nämlichen Regeln wie bei der Succession reiner Erinnerungsbilder. Diese letztere, die Reproduction aus psychischer Reizung, ist es nun vorzugsweise, welche man unter den Erscheinungen der Association der Vorstellungen zu begreifen pflegt. Die Selbstbeobachtung zeigt, wie unsere Erinnerungsbilder, so schwankend auch ihr Verlauf sein mag, doch durchgängig in einem gewissen Zusammenhange stehen, der theils, wie es scheint, von ihrer inneren Verwandtschaft theils von ihrer äusseren, mehr oder weniger zufälligen Verbindung beherrscht wird. Die unmittelbar unserer inneren Beobachtung sich aufdrängenden Regeln dieses Zusammenhanges sind es, welche man als die Associationsgesetze bezeichnet hat. Diese Regeln enthalten zweifellos einen im allgemeinen richtigen Ausdruck der unmittelbar wahrzunehmenden Thatsachen, mehr aber freilich auch nicht. Zunächst sind zwei, wirklich überall in dem Verlauf unserer Vorstellungen sich kundgebende Erscheinungen in denselben ausgedrückt, nämlich 1) dass jede Vorstellung geneigt ist, eine ihr ähnliche in's Bewusstsein zu rufen, und 2) dass eine Vorstellung sich besonders leicht mit solchen associirt, mit denen sie

[1] Cap. XV. S. 659.
[2] Vergl. S. 188 f.

häufig verbunden gewesen ist, sei es in Folge räumlicher Coexistenz, sei es durch die regelmässige Ordnung in einer Zeitreihe. Bei der ersten dieser Regeln muss man jedoch festhalten, dass der Begriff der Aehnlichkeit zweier Vorstellungen ein sehr weiter ist, indem derselbe in jedem möglichen Empfindungsbestandtheil, namentlich auch im Gefühlstone liegen kann, dass also ein solches Gesetz der Aehnlichkeit sehr weite Schranken hat. Hinsichtlich der zweiten Regel ist zu bemerken, dass die Coexistenz im Raume und die zeitliche Ordnung offenbar nur besondere Fälle einer Verbindung sind, welche durch die Gewohnheit herbeigeführt ist, daher wir dieselbe zweckmässiger als die Regel der associativen Gewöhnung bezeichnen. In der That scheiden sich nun diese beiden Fälle der Association sehr deutlich in der Selbstbeobachtung. Auf der Association durch Verwandtschaft beruht die ursprünglichste Art der Verbindung der Vorstellungen. Sie pflegt noch verhältnissmässig am reinsten dann hervorzutreten, wenn unser Bewusstsein ganz dem zufälligen Spiel seiner Phantasiebilder hingegeben ist, also z. B. im Traume oder in halbträumenden Zuständen des wachen Lebens. Bei voller Besinnung ist dagegen die associative Gewöhnung weitaus mächtiger. Auf ihr beruht nicht nur die Neigung Dinge, die wir oft zusammen wahrgenommen, neben oder nacheinander vorzustellen, sondern auch ein grosser Theil der erlernten Zusammenhänge unserer Vorstellungen. Es ist ja bekannt, wie ausserordentlich schwer es ist, das Alphabet oder irgend einen wohlbekannten Satz rückwärts zu sagen. Hier hat die associative Gewöhnung gewissen Vorstellungen, die noch dazu manchmal, wie z. B. beim Alphabet, in gar keinem innern Zusammenhang stehen, eine ganz bestimmte Richtung ihres Verlaufs angewiesen. Am meisten ist aber allerdings der Abfluss der Vorstellungen dann erleichtert, wenn Verwandtschaft und associative Gewöhnung zusammenwrken. Darauf beruht die viel grössere Sicherheit, mit der wir eine Melodie oder einen logisch zusammenhängenden Gedanken reproduciren; ein Umstand, der bekanntlich in den versificirten Genusregeln und andern mnemonischen Kunststücken benützt wird. Vor allem bewährt in allen diesen Fällen wieder die rhythmische Klangfolge ihre Bedeutung für die zeitliche Ordnung der Vorstellungen.

Ehe wir die Frage erheben können, worin das Princip der Verwandtschaft und das der associativen Gewöhnung ihren Grund haben, erhebt sich die Vorfrage, wie überhaupt eine Reproduction dem Bewusstsein entschwundener Vorstellungen möglich sei. Hierauf sind drei Antworten denkbar, und sie sind alle drei gegeben worden. Die Vorstellungen bleiben entweder 1) fortwährend selbst in der Seele, sie verschwinden nur scheinbar, weil sie durch andere Vorstellungen aus dem Bewusstsein verdrängt werden, oder es bleiben 2) von ihnen Reste oder Spuren zurück,

welche irgendwie ihre Wiedererzeugung bewirken können, oder endlich, es hinterlässt 3) jede Vorstellung eine Disposition zu ihrer Erneuerung, welche Disposition zur wirklichen Reproduction führt, sobald irgend eines jener Motive vorliegt, welche in den Regeln der Association enthalten sind.

Die erste dieser Ansichten muss eine latente oder unbewusste Existenz der Vorstellungen annehmen. Nun kann eine latente Vorstellung möglicher Weise wegen anderer im Bewusstsein vorhandener Vorstellungen oder wegen ihrer eigenen, von derjenigen der bewussten Vorstellungen verschiedenen Natur nicht bewusst sein. Nimmt man das erstere an, wie es die HERBART'sche Schule thut, so wird als einziger Grund der Unbewusstheit die Eigenschaft des Bewusstseins gesetzt, nur eine beschränkte Zahl von Vorstellungen umfassen zu können. Es ist uns aber das Bewusstsein nur aus unsern Vorstellungen bekannt, ebenso wie wir unsere Vorstellungen nur aus dem Bewusstsein kennen. Eine unbewusste Vorstellung ist daher, ebenso wie ein nicht-vorstellendes Bewusstsein, ein Begriff, dem eigentlich sein Inhalt verloren gieng. Eine Vorstellung, die nicht vorgestellt wird, ist eben keine Vorstellung. Die empirische Thatsache der Enge des Bewusstseins kann also nur so gedeutet werden, dass nicht alle Vorstellungen als solche fortbestehen; und eine reproducirte Vorstellung wird erst in dem Moment, wo sie reproducirt wird, auch wieder Vorstellung. So bliebe denn nur übrig anzunehmen, dass der latenten Vorstellung gewisse Eigenschaften fehlen, welche zu ihrem Bewusstsein erforderlich sind, eine Annahme, die auf die zweite Theorie, die der Reste oder Spuren, hinausführt. Denn unter den letzteren versteht man eben solche irgendwie veränderte und desshalb nicht mehr bewusste Vorstellungen. Diese Theorie, ob sie nun die Spuren als materielle Eindrücke im Gehirn oder als Vorstellungsreste in der Seele oder als beides zugleich ansehen mag, muss aber nothwendig voraussetzen, dass zu der Spur, wenn sie wieder zur wirklichen Vorstellung werden soll, irgend etwas hinzutreten müsse; und zwar kann dies hinzutretende nicht etwa bloss in dem Associationsmotiv bestehen, welches immer nur den äusseren Grund der Reproduction abgibt, sondern es muss sich der angenommene Vorstellungsrest selbst in Folge dieses äusseren Anlasses wieder zur ganzen Vorstellung integriren. Jener Rest ist also offenbar nur eine zurückbleibende functionelle Anlage zur Wiedererneuerung der einmal vorhanden gewesenen Vorstellung. So führt die Theorie der Reste oder Spuren schliesslich ganz nothwendig auf die dritte Ansicht hinaus, auf die Annahme einer zurückbleibenden Disposition zur Vorstellung. Diese Annahme ist aber zugleich der einfachste und unmittelbarste Ausdruck der Thatsachen. Eine Disposition für die Erneuerung der Vorstellungen müssen wir annehmen, und mehr anzunehmen ist durch nichts gefordert.

Man kann freilich sagen: eine Disposition muss doch auf irgend einem physischen oder psychischen Zustande beruhen, der, ehe die Vorstellung einwirkte, nicht vorhanden war, also auf einer Spur, welche die Vorstellung zurückliess. Wollte man allgemein unter der »Spur« bloss eine Nachwirkung irgend welcher Art verstehen, so wäre auch dagegen nichts einzuwenden. Aber die »Spur« wird eben von der blossen »Disposition« als eine Art der Nachwirkung unterschieden, welche nicht bloss die Entstehung gewisser Vorgänge erleichtert, sondern welche selbst einen bleibenden, noch dazu mit dem zu erneuernden Vorgang verwandten Zustand darstellt. Analogieen aus dem physiologischen Gebiet werden diesen Unterschied deutlicher hervortreten lassen. In einem Auge, das in blendendes Licht gesehen hat, hinterbleibt eine Nachwirkung des Eindrucks in dem Nachbilde; ein Auge aber, welches häufig räumliche Entfernungen messend vergleicht, gewinnt ein immer schärferes Augenmaass. Das Nachbild ist eine zurückbleibende Spur, das Augenmaass eine functionelle Disposition. Die Netzhaut und die Muskeln des geübten Auges können möglicher Weise gerade so beschaffen sein wie die des ungeübten, und doch hat das eine die Disposition in stärkerem Maasse als das andere. Man kann nun freilich auch hier sagen: die physiologische Uebung der Organe beruht weniger auf ihren eigenen Veränderungen als auf den Spuren, welche in ihren Nervencentren zurückgeblieben sind. Alles aber, was wir in der physiologischen Untersuchung des Nervensystems über die Vorgänge der Uebung, Anpassung an gegebene Bedingungen u. dergl. erfahren haben, weist darauf hin, dass auch hier die Spuren wesentlich in functionellen Dispositionen bestehen. Auf einer Leitungsbahn, welche oft in Anspruch genommen wurde, geht die Leitung immer leichter von statten. Nun ist allerdings eine solche functionelle Disposition nicht ohne bleibende Veränderungen denkbar, die als Nachwirkungen der Uebung geblieben sind. Die bleibenden Nachwirkungen dieser Art sind aber etwas von der Function, zu deren Erleichterung sie beitragen, total verschiedenes. Die Muskeln schleifen und biegen bei der Bewegung der Glieder die Knochen allmälig gemäss der Wirkung, die sie ausüben, und erleichtern dadurch bestimmte Bewegungen. Aber die Form des Scelets und der Muskeln, die so allmälig durch Uebung herbeigeführt wird, ist von den Bewegungen, zu denen sie die functionelle Disposition bildet, total verschieden. Gerade so werden zweifellos auch in den Nerven und in den Centralorganen bei der Einübung bestimmter Bewegungen und Sinnesthätigkeiten bleibende Veränderungen vor sich gehen, die jedoch mit der Function, die dadurch prädisponirt wird, nicht im mindesten direct vergleichbar sind.

Die Uebertragung dieser Gesichtspunkte auf die Reproduction der Vorstellungen liegt um so näher, als es sich bei dieser augenscheinlich um

etwas handelt was mit der physiologischen Uebung ganz und gar übereinstimmt. Die associative Gewöhnung können wir ebenso gut eine Uebung in der Association bestimmter Vorstellungen nennen, und das Princip der Verwandtschaft lässt sich ohne weiteres der Regel unterordnen, dass jeder Vorgang durch Uebung die functionelle Disposition für einen ähnlichen Vorgang befördern muss. Gibt man also zu, dass keine Vorstellung ohne begleitende centrale Sinneserregungen stattfindet, so wird man auch voraussetzen müssen, dass die Einflüsse der physiologischen Uebung, die schon bei den Vorgängen der Leitung, der Reflexerregung u. s. w. eine wichtige Rolle spielen, auch hier in Betracht kommen. Jede Erregung einer centralen Sinnesfläche muss, gemäss den früher erörterten Eigenschaften der Nervensubstanz, eine Disposition zur Erneuerung dieser Erregung zurücklassen. Die Regel der Verwandtschaft bestätigt und erweitert dies in dem Erfahrungssatz, dass eine centrale Sinneserregung ähnlicher Art geeignet ist, vermöge einer zurückgebliebenen Disposition eine frühere Erregung zu wiederholen; die Regel der associativen Gewöhnung fügt die weitere Erfahrung hinzu, dass centrale Sinneserregungen, welche oft mit einander verbunden gewesen sind, sich in dieser Beziehung ganz so wie verwandte Erregungen verhalten.

Diese Annahmen müssen gemacht werden, sobald man nur von der Voraussetzung ausgeht, dass Reproduction und Association mit physiologischen Vorgängen verbunden sind[1]. Ist aber einmal diese Voraussetzung gegeben, so sind damit auch alle Erscheinungen in der Verbindung unserer Vorstellungen, welche bloss auf die Gesetze der Verwandtschaft und der associativen Gewöhnung zurückführen, vollständig erklärt, und es ist nicht im geringsten erforderlich, ausserdem noch besondere psychologische Processe anzunehmen, abgesehen von der allgemeinen Thatsache, dass gewisse Reizungsvorgänge in der centralen Nervensubstanz in unserer Selbstauffassung als Empfindungen existiren.

Wem diese Ableitung der Associationsgesetze aus Gehirnprocessen etwa desshalb wiederstreben sollte, weil sie ihm die Würde des menschlichen Geistes zu beeinträchtigen scheint, der vergegenwärtige sich nur die Fälle, wo die Regeln der Vorstellungsassociation möglichst rein zum Ausdruck gelangen. In Wahrheit sind sie nirgends anzutreffen, weil die willkürliche Spannung der Aufmerksamkeit den Wechsel unserer Erinnerungsbilder ebenso sehr beherrscht, wie den Verlauf der äusseren Wahrnehmungen. Annäherungen findet man aber immerhin in den Traumbildern und in der Ideenflucht des Irren. Hier beobachtet man auf das schönste die Herrschaft der Associationsgesetze. Und doch ringen dieselben in jenen Zuständen immer

[1]) Vgl. S. 645.

noch mindestens mit den Nachwirkungen einer Zeit, in welcher sie nicht geherrscht haben, sondern unterworfen gewesen sind der Herrschaft der Apperception. Sollte man nun wirklich glauben, dass es für die Würde des menschlichen Geistes besonders förderlich sei, in den wilden Phantasmen des Traumes und des Wahnsinns dessen eigenste innere Thätigkeit zu verehren? Und sollte es nicht vielmehr eine auch ethisch angemessenere Vorstellung sein, dass das Spiel der Associationsgesetze zwar für die Ausbildung unseres Geistes eine nicht minder wichtige Grundlage bildet, als die Sinnesempfindungen, dass es aber ebenso wenig wie diese den Wechsel unserer Vorstellungen wirklich beherrscht?

In der That sind nun die Associationsgesetze durchaus nur Regeln, welche einen Wechsel der Vorstellungen in bestimmter Richtung begünstigen, keineswegs aber denselben nothwendig herbeiführen, ähnlich wie jeder äussere Sinneseindruck ein Reiz zur Apperception ist, ohne dass dieselbe immer eintreten muss. Auch die Associationsgesetze sind ganz und gar der Herrschaft der Aufmerksamkeit unterworfen, welche zwar in der Regel die geläufigere Association vorzieht, gerade so wie sie sich mit Vorliebe dem stärkeren Sinneseindruck zuwendet, dabei aber doch spontan ihre Wahl trifft zwischen den bereit liegenden Associationen ebenso wie zwischen den dargebotenen Sinnesreizen. Da die Association selbst nur auf einer Wechselwirkung physiologischer Reizungen beruht, so sind in Wirklichkeit beide Fälle gar nicht von einander verschieden. Irgend eine vorhandene centrale Sinnesreizung ruft andere hervor, die ihr verwandt sind, oder mit denen sie oft verbunden gewesen ist. Aber die Vorstellungen, die so in das allgemeine Blickfeld des Bewusstseins treten, sind zunächst ausserordentlich schwach, bis die Spannung der Aufmerksamkeit hinzukommt, die auf eine oder einige wenige sich concentrirt und dieselben in den Blickpunkt hebt. Diese Wirkung müssen wir uns ganz ebenso wie bei der Apperception der äusseren Sinneseindrücke denken. Sie besteht in einer willkürlichen Innervation, welche in ihren stärkeren Graden auch hier deutlich als Spannungsgefühl sich verräth. Sie wirkt zurück auf die Sinnescentren und verstärkt so unter allen den leise anklingenden Erregungen eine bestimmte, die sich nun als deutliches Erinnerungsbild in den Mittelpunkt des Bewusstseins stellt. Wir empfinden diese Spannung der Aufmerksamkeit immer dann als eine willkürliche Thätigkeit, wenn dieselbe zu bedeutenderer Stärke anwachsen muss, um eine bestimmte Vorstellung in den Vordergrund zu ziehen. In dem Maass erscheint uns daher der Verlauf unserer Vorstellungen mehr dem Willen unterworfen, als die Associationen undeutlicher werden. Wo diese offen vor Augen liegen, da kann es im Gegentheil scheinen, als wenn die Vorstellungen von selbst abliefen, ohne irgend eine Thätigkeit von unserer Seite. In Wahr-

heit handelt es sich aber dabei immer nur um Gradunterschiede in der Adaptation der Aufmerksamkeit. In irgend einem Grade muss diese, mindestens bei jedem geordneten Gedankenlauf, vorhanden sein, um demselben seine Richtung anzuweisen, und zu verhindern, dass er nicht fortwährend auf Nebenwege abschweife. Solches Abschweifen zeigt eben der Traum und die Ideenflucht des Irren, Zustände, in denen häufig, wie es scheint, die Spannung der Aufmerksamkeit fast völlig verschwindet. Neben dem Abschweifen auf bereit liegende Associationen zeigt sich dabei aber immer auch das Gesetz wirksam, dass eine öfter wiederholte Erregung mehr und mehr die Erregbarkeit in der nämlichen Richtung anwachsen lässt. So kommt es, dass die Ideenflucht und die Einschränkung auf fixe Ideen, beides unmittelbare Folgen der Associationsgesetze, in dem Gedankenverlauf des Irrsinnigen enge verbunden sind.

Der beherrschende Einfluss der Aufmerksamkeit auf den Wechsel der Vorstellungen weist dem letzteren vor allem seine Geschwindigkeit an. Durch ihn wird jede Vorstellung so lange in dem innern Blickpunkt festgehalten, als zu ihrer vollständigen Apperception erforderlich ist. Wo die Spannung der Aufmerksamkeit nachlässt und die Associationsgesetze zügellos ihr Spiel treiben, da schweifen desshalb die Phantasiebilder nicht bloss nach allen möglichen Richtungen ab, sondern sie halten auch niemals Stand, sie drängen und überstürzen sich, daher gerade der Ausdruck Ideenflucht für diese Zustände so charakteristisch ist. Das Spannungsgefühl der Aufmerksamkeit verhält sich aber je nach der Geschwindigkeit, mit welcher die Apperception wechselt, wesentlich verschieden. War eine Vorstellung lange Zeit in den innern Blickpunkt gehoben, so bewirkt die hierbei aufgewandte Thätigkeit eine Ermüdung, welche das Hervortreten einer contrastirenden Vorstellung begünstigt, weil bei dieser eine möglichst verschiedenartige Adaptation einzutreten hat. Schon die ältere Psychologie hat daher dem Associationsgesetz der Aehnlichkeit das scheinbar damit geradezu im Widerspruch stehende Gesetz des Contrastes beigefügt. Später hat man das letztere negirt oder auf associative Gewöhnung zurückgeführt [1]. Die Wahrheit ist, dass die Regel der Verwandtschaft allerdings vorherrscht, und dass insbesondere bei einem schnellen Wechsel der Vorstellungen sich selten der Contrast geltend macht. Er kann aber entstehen, indem die Spannung der Aufmerksamkeit für eine einzelne Vorstellung oder für eine bestimmte Form und Richtung der Vorstellungen nachlässt, um einem entgegengesetzten Spannungszustande Platz zu machen.

---

[1] So im wesentlichen die HERBART'sche Schule, welche nur die Association ähnlicher Vorstellungen als unmittelbare Reproduction gelten lässt, alle andern Verbindungen aber auf eine mittelbare Reproduction zurückführt, welche durch Verschmelzung der einander nicht störenden Reste der Vorstellungen geschehen soll.

Auf diese Weise können selbst in der Ideenflucht die auf einander folgenden Vorstellungsreihen contrastiren. Ein solcher Contrast ist immer von einem deutlichen Wechsel im Spannungsgefühl der Aufmerksamkeit begleitet. Indem die bisherige Anpassung aufhört und einer andern weicht, fühlen wir uns innerlich erleichtert, und so ist jeder Uebergang von einer Vorstellungsreihe zur andern mit einer Art Lustgefühl verbunden, welches von dem Inhalt der Vorstellungen zunächst nicht abhängt[1]. Andere Wirkungen hat der Ablauf der Vorstellungen, wenn derselbe, wie in der Ideenflucht, so beschleunigt ist, dass sich eine zureichende Adaptation der Aufmerksamkeit gar nicht vollenden kann. Indem bei jeder neuen Vorstellung, welche durch Association hervortritt, eine neue Anspannung der Aufmerksamkeit erfordert wird, die, noch nicht zureichend vollendet, von einer andern abgelöst wird, tritt eine ausserordentlich rasche Erschöpfung ein, welche nothwendig auf die ganze Fähigkeit der Apperception verderblich zurückwirken und die freie Herrschaft der blossen Associationsgesetze immer mehr unterstützen muss. Schon die Reden eines Irrsinnigen, der mit Ideenflucht behaftet ist, reproduciren in dem Zuhörer das Bild dieses Zustandes, indem sich ihm das unüberwindliche Gefühl aufdrängt, er müsse bei fortgesetztem Zuhören nothwendig selber verrückt werden[2].

So erweist sich uns denn überall die spontane Wirkung der Aufmerksamkeit, deren physiologische Grundlage die willkürliche Innervation ist, als der wesentlichste Motor unserer Vorstellungen den äusseren Sinneseindrücken sowohl wie dem Spiel der Association gegenüber, die für unsere Apperception, gleich dem directen Sinnesreiz, nur ein äusseres Motiv ist, ihre Thätigkeit zu entfalten. Darin grade liegt die vorherrschende Bedeutung der Centralorgane, dass in ihnen vermöge ihrer Structuranlage eine Disposition zurückbleibt, frühere Sinneserregungen zu erneuern, und zwar in den Verbindungen, in die sie durch Verwandtschaft und Gewöhnung gesetzt sind. Nicht sowohl die Fähigkeit der Empfindung, als die Eigenschaft, Empfindungen in den Verbänden, in die sie einmal gebracht sind, wiedererneuern zu können, ist aber die physiologische Grundlage des Bewusstseins.

Die Anlage zur Aufmerksamkeit selbst ist durch die Eigenschaft der spontanen Innervation und ihre Rückwirkung auf die sinnliche Empfindung

---

[1] Auch A. Horwicz hat in seiner Schrift: psychologische Analysen auf physiologischer Grundlage S. 322, mit Recht, wie ich glaube, auf eine Beziehung des Contrastgesetzes der Association zum Gefühl hingewiesen.

[2] Diejenigen Leser, welche nicht Gelegenheit haben, solche Beobachtungen anzustellen, mache ich darauf aufmerksam, dass sich in dem Bücherkatalog fast eines jeden Jahres einige Werke befinden, die von wirklich Verrückten geschrieben und meist schon an ihren Titeln zu erkennen sind. Für das Studium der Associationsgesetze sind dieselben sehr zu empfehlen.

gegeben. Aus dieser Anlage entwickelt sich deutlich ihre Function. Im Bewusstsein des Kindes und des Naturmenschen spielt die unbeherrschte Association noch eine wichtige Rolle. Die geistige Erziehung des Menschen besteht hauptsächlich in jener Lenkung der Aufmerksamkeit, durch welche diese über Sinneseindrücke und Associationen die nöthige Macht gewinnt. Nicht durch Gewalt oder Vorschriften lässt sich das erreichen, sondern dem Erzieher muss es glücken, die Apperception so zu lenken, dass sie von selbst das Richtige bevorzugt. Die wirksamste Hülfe gewährt es ihm dabei, wenn er mit der Spannung der Aufmerksamkeit angemessen zu wechseln versteht, damit jenes Lustgefühl entstehen könne, welches den ungezwungenen Abfluss der appercipirten Vorstellungen begleitet.

Indem wir so die Apperception als eine Function des Willens auffassen, bleibt unsere Untersuchung des Verlaufs der Vorstellungen schliesslich bei der Frage nach der Entwicklung des Willens stehen. Nun documentirt sich aber der Wille, ausser in den Erscheinungen der Aufmerksamkeit, auch noch in den willkürlichen Bewegungen. Erst nachdem wir diese betrachtet haben, wird es daher an der Zeit sein auf jene Frage zurückzukommen[1].

Dass die vier Associationsgesetze der älteren Psychologie, die Verbindung durch Aehnlichkeit, Contrast, Coexistenz und Succession, nur eine dürftige Subsumtion der innern Erscheinungen unter einige allgemeine Regeln darstellen, ist gegenwärtig allgemein anerkannt. Weniger einig ist man darüber, was an deren Stelle zu setzen sei. Das Bestreben, eine wissenschaftlich strenge Entwicklung des Verlaufs und der Verbindung der Vorstellungen zu gewinnen, bildet den Mittelpunkt von Herbart's psychologischen Untersuchungen. Die metaphysischen Voraussetzungen, auf welche dieselben gegründet sind, können wir hier nur berühren[2]. Die Vorstellung ist nach Herbart Selbsterhaltung der Seele gegen die störende Einwirkung anderer einfacher Wesen. Die einmal entstandene Vorstellung soll nun, als Thätigkeit des Vorstellens, unvermindert beharren, aber der Effect dieser Thätigkeit, das vorgestellte Bild, soll geschwächt oder auch ganz aufgehoben werden, indem sich die wirkliche Vorstellung in ein Streben vorzustellen verwandelt. Solches geschieht dann, wenn entgegengesetzte Vorstellungen gleichzeitig vorgestellt werden sollen. Das Bewusstsein ist die Summe des gleichzeitigen wirklichen Vorstellens. Die Vorstellungen entschwinden aus dem Bewusstsein, indem entgegengesetzte Vorstellungen eine Hemmung auf einander ausüben, und sie treten wieder in das Bewusstsein, wenn die Hemmung aufhört. Bis hierhin lassen sich diese Sätze als zwar bestreitbare, aber immerhin mögliche Hypothesen ansehen, mit deren Hülfe der Versuch gemacht werden könnte, das Schauspiel des Verlaufs der Vorstellungen zu erklären. Herbart fügt ihnen dann noch die weitere Annahme hinzu, dass

[1] Cap. XXI.

[2] Herbart, Psychologie als Wissenschaft. §. 36, §. 41 f. (Werke Bd. 5.) Man vgl. dazu dessen Lehrbuch der Psychologie Cap. II u. f. (ebend.) und Hauptpunkte der Metaphysik §. 13 (Bd. 3, S. 41).

disparate Vorstellungen sich nicht hemmen sondern eine Complication einfacher Vorstellungen bilden, und dass von den Vorstellungen desselben Sinnes die gleichartigen Bestandtheile sich nicht hemmen, sondern mit einander verschmelzen. Von diesen Annahmen aus ergibt sich nun die naheliegende Voraussetzung, bei gleichen Gegensätzen verschiedener Vorstellungen seien die Hemmungen, die sie erfahren, ihren Intensitäten umgekehrt proportional, und bei gleichen Intensitäten sei die Hemmung jeder einzelnen Vorstellung der Summe der Gegensätze, in denen sie sich zu den andern Vorstellungen befindet, direct proportional. Sind also, was der gewöhnliche Fall sein wird, sowohl die Intensitäten wie die Gegensätze ungleich, so wird die Abhängigkeit eine zusammengesetzte sein. Drei Vorstellungen von der Stärke a, b, c werden also z. B. in den Verhältnissen $\frac{m+p}{a}$, $\frac{m+n}{b}$, $\frac{n+p}{c}$ gehemmt werden, wenn der Gegensatz von a und $b = m$, von a und $c = p$, von b und $c = n$ ist. Durch diese Feststellung des Hemmungsverhältnisses ist aber noch kein Aufschluss über das Verhalten der Vorstellungen im Bewusstsein gewonnen: zu diesem Zweck müsste man offenbar nicht bloss das Hemmungsverhältniss, sondern die absolute Intensität des Vorstellens kennen, welche nach geschehener Hemmung übrig bleibt. Wir kennen diese absolute Intensität nicht. So hilft sich denn HERBART mit einer Hypothese. Er nimmt nämlich an, die absolute Summe der Hemmungen sei möglichst klein, was dann stattfinde, wenn nicht alle Vorstellungen gegen alle, sondern alle gegen e i n e, und zwar gegen diejenige, der die kleinste Summe von Gegensätzen gegenüberstehe, sich richten. Diese Annahme ist nun nicht nur willkürlich, sondern auch so unwahrscheinlich wie möglich. Wenn zu zwei Vorstellungen a und b, die in starkem Gegensatze stehen, eine dritte c von minderem Gegensatze hinzutritt, so sollen plötzlich a und b einander loslassen, um sich beide auf die ihnen verwandtere c zu werfen, ähnlich wie zwei erbitterte Gegner über irgend einen unschuldigen Dritten herfallen, der sich beikommen lässt, zwischen ihnen vermitteln zu wollen. Der einzige Grund für diese Behauptung ist der in verschiedenen Wendungen wiederkehrende teleologische Gedanke: da alle Vorstellungen der Hemmung entgegenstrebten, so würden sie sich zweckmässiger Weise wohl mit der kleinsten Hemmungssumme begnügen, worauf die Frage nahe liegt, warum sie denn nicht lieber diese unzweckmässige Thätigkeit ganz einstellen. Gehört es aber zum Wesen der entgegengesetzten Vorstellungen sich zu hemmen, so kann die Hemmungssumme zwischen a und b durch den Hinzutritt einer dritten Vorstellung c nur insoweit alterirt werden, als diese dritte Vorstellung selbst wieder a und b hemmt und von ihnen gehemmt wird, ähnlich wie die Attractionskraft zweier Körper durch einen dritten in ihrer Wirkung complicirt, aber nimmermehr aufgehoben wird. Die übrigen Voraussetzungen HERBART's, wie sein dynamisches Gesetz, dass die Hemmungen, welche die Vorstellungen in jedem Augenblick erleiden, der Summe des noch zu Hemmenden proportional seien, und die Annahme, dass die Vorstellungen durch die Reste, durch welche sie mit einander verschmolzen sind, eine gegenseitige Hülfe empfangen, welche dem Product der Verschmelzungsreste direct, der Intensität jeder einzelnen Vorstellung aber umgekehrt proportional sei, diese Annahmen könnten an und für sich als mehr oder weniger plausible Hypothesen gelten, wenn nicht, sobald jenes Axiom von der kleinsten Hemmungssumme hinfällig wird, dem ganzen Gebäude der Boden entzogen wäre.

aus der Klarheit ermangelnden Weise aus Elementen zusammengesetzt gedacht, und die Hypothese eingeführt, dass gleichartige Elemente sich anziehen, eine Hypothese, welche die Association der Vorstellungen erklären soll, der sie augenscheinlich entnommen ist. Aber nicht bloss die Reizelemente ziehen einander an, sondern diese werden auch von den Urvermögen angezogen, eine Eigenschaft, welche ebensowohl bei der Bildung neuer Wahrnehmungen wie bei der spontanen Reproduction zum Vorschein kommt. Endlich wird, nachdem anfangs die Spur als das nicht mehr vollständig von Reizen ausgefüllte Urvermögen definirt worden, auch dem Process des Abfliessens der Reizelemente die Eigenschaft zugesprochen eine Spur zurückzulassen. So wird keiner der Begriffe in seiner ursprünglich aufgestellten Bedeutung festgehalten. Aber auch von den Ursachen der Bewegung der Vorstellungen wird keine Rechenschaft gegeben. Warum hält das Urvermögen seine Reizelemente nicht fest? Oder warum, wenn dies durch das Nachwachsen neuer Urvermögen gehindert wird, fliessen nicht gelegentlich alle Reizelemente ab? Hier fehlt überall die mathematische Bestimmtheit, welche HERBART's Darstellung auszeichnet, und welche bei ihm den willkürlichen Hypothesen wenigstens zu einer consequenten Durchführung verhilft. Die Ansicht BENEKE's von dem Bewusstsein ist ebenso ungenügend wie die HERBART's. Die bewusste Vorstellung ist ihm von der unbewussten nur dem Grade nach verschieden, alle einmal erzeugten Vorstellungen bleiben wirklich vorhanden und verändern sich nur in ihrer Stärke. Ein besonderer Vorgang der Apperception existirt für diese Auffassung überhaupt nicht.

Zwanzigstes Capitel.

Gemüthsbewegungen.

Die Gefühle, die aus dem Einfluss der Empfindungen und Vorstellungen auf das Bewusstsein hervorgehen, wirken zurück auf den Verlauf unserer Vorstellungen. Diese Rückwirkungen nennen wir Gemüthsbewegungen. Sie zerfallen in Affecte und Triebe. Entweder kann nämlich ein Eindruck unmittelbar durch das ihm anhaftende Gefühl unser Inneres bewegen: dann entsteht der Affect. Oder es kann irgend ein äusserer oder ein innerer, psychischer Reiz eine Bewegung der Vorstellungen anregen, die auf die Erzeugung bestimmter Gefühle hinwirkt: dann entsteht der Trieb. Man könnte also den Affect eine Gemüthsbewegung durch gegenwärtige, den Trieb eine solche durch zukünftige Gefühle nennen. Dabei ist aber zu beachten, dass der Trieb das Gefühl, nach dessen Erfüllung er strebt, in einem gewissen Grade zu anticipiren pflegt.

durch centrale Gebilde, von denen aus sie regiert werden. Die Vorstellungen aber stehen unter der Herrschaft der Apperception.

Ein weiterer bemerkenswerther Versuch, die Reproduction und Association zum Ausgangspunkt einer zusammenhängenden psychologischen Theorie zu machen, rührt von BENEKE her, einem Philosophen, den die unmittelbaren Resultate der Selbstbeobachtung in der ganzen Richtung seines Denkens bestimmt haben[1]. Alles Vorstellen setzt sich ihm aus der Aeusserung ursprünglicher Seelenkräfte, so genannter Urvermögen, und aus der Einwirkung von Reizen zusammen. Das Urvermögen ist ein Streben, welches durch die Begegnung mit dem Reize zur wirklichen Vorstellung wird. Jede einzelne Vorstellung geht, wie sie einen neuen Reiz voraussetzt, so auch aus einem neuen Urvermögen hervor. Die Vorstellungen verschwinden nur scheinbar aus dem Bewusstsein. Sie dauern in ihrer Zusammensetzung aus Vermögen und Reiz fort. Aber einzelne Elemente des Reizes sind an das Vermögen weniger fest gebunden und werden darum leicht an andere, fremde Elemente abgegeben. So entstehen die unbewussten Vorstellungen oder Spuren. Jede Spur strebt nach ihrer Wiederausfüllung, also zum Wiederbewusstwerden. Auch von dem Abfliessen der beweglichen Elemente des Reizes bleiben aber Spuren zurück: so entsteht ein Streben nach Reproduction gewisser Gruppen von Vorstellungen, die Association. Jene abfliessenden Reizelemente verbinden sich endlich immer mit verwandten Gebilden: die Association findet daher statt zwischen verwandten Vorstellungen. Zur Reproduction ist erforderlich, dass die Reizelemente, welche die Vorstellungen beim Unbewusstwerden verloren haben, ihnen wieder zufliessen. Solches kann aber geschehen, indem entweder bewegliche Reizelemente ähnlicher Art übertragen werden, wie bei der Reproduction durch associirte Vorstellungen, oder indem neue Urvermögen gebildet werden, welche von den immer in der Seele vorhandenen beweglichen Reizelementen an sich heranziehen: so bei der spontanen Reproduction. Gefühle entstehen endlich nach BENEKE's Annahme durch das Verhältniss der Urvermögen zur Stärke der sie ausfüllenden Reize, sowie durch die Art des Abflusses der Reizelemente vom einen Gebilde auf das andere.

BENEKE's Theorie geht von der Erfahrung aus, dass bei der ersten Bildung unserer Vorstellungen äussere Reize und gewisse denselben gegenüberstehende subjective Eigenschaften, so genannte »Urvermögen«, wirksam sind. Dieser Gedanke wird nun festgehalten. Der Vorstellung bleibt ihre Zusammensetzung aus Reiz und subjectiver Reizempfänglichkeit. So wird dieselbe ganz willkürlich in zwei Bestandtheile geschieden, die lediglich der ersten Gelegenheitsursache ihrer Entstehung entnommen sind, und von denen an ihr selbst gar nichts zu bemerken ist. Wenn BENEKE die innere Erfahrung als die allein zuverlässige preist, nach welcher vielmehr die äussere Erfahrung beurtheilt werden müsse, statt umgekehrt, só fehlt er hier selbst gegen diese Regel, denn der Begriff des Reizes ist ja lediglich der äussern Erfahrung entnommen. Die Trennung der physischen und der psychischen Bedingungen bei der Bildung der Sinneswahrnehmung ist in die innere Wechselwirkung der Vorstellungen herübergeholt, indem auch der Reiz zu einem psychischen Gebilde gestempelt wird. Der so umgestaltete Reizbegriff wird dann in einer durch-

[1] BENEKE, psychologische Skizzen. Bd. 2. Göttingen 1827. Lehrbuch der Psychologie. Cap. I.

heit handelt es sich aber dabei immer nur um Gradunterschiede in der Adaptation der Aufmerksamkeit. In irgend einem Grade muss diese, mindestens bei jedem geordneten Gedankenlauf, vorhanden sein, um demselben seine Richtung anzuweisen, und zu verhindern, dass er nicht fortwährend auf Nebenwege abschweife. Solches Abschweifen zeigt eben der Traum und die Ideenflucht des Irren, Zustände, in denen häufig, wie es scheint, die Spannung der Aufmerksamkeit fast völlig verschwindet. Neben dem Abschweifen auf bereit liegende Associationen zeigt sich dabei aber immer auch das Gesetz wirksam, dass eine öfter wiederholte Erregung mehr und mehr die Erregbarkeit in der nämlichen Richtung anwachsen lässt. So kommt es, dass die Ideenflucht und die Einschränkung auf fixe Ideen, beides unmittelbare Folgen der Associationsgesetze, in dem Gedankenverlauf des Irrsinnigen enge verbunden sind.

Der beherrschende Einfluss der Aufmerksamkeit auf den Wechsel der Vorstellungen weist dem letzteren vor allem seine Geschwindigkeit an. Durch ihn wird jede Vorstellung so lange in dem innern Blickpunkt festgehalten, als zu ihrer vollständigen Apperception erforderlich ist. Wo die Spannung der Aufmerksamkeit nachlässt und die Associationsgesetze zügellos ihr Spiel treiben, da schweifen desshalb die Phantasiebilder nicht bloss nach allen möglichen Richtungen ab, sondern sie halten auch niemals Stand, sie drängen und überstürzen sich, daher gerade der Ausdruck Ideenflucht für diese Zustände so charakteristisch ist. Das Spannungsgefühl der Aufmerksamkeit verhält sich aber je nach der Geschwindigkeit, mit welcher die Apperception wechselt, wesentlich verschieden. War eine Vorstellung lange Zeit in den innern Blickpunkt gehoben, so bewirkt die hierbei aufgewandte Thätigkeit eine Ermüdung, welche das Hervortreten einer contrastirenden Vorstellung begünstigt, weil bei dieser eine möglichst verschiedenartige Adaptation einzutreten hat. Schon die ältere Psychologie hat daher dem Associationsgesetz der Aehnlichkeit das scheinbar damit geradezu im Widerspruch stehende Gesetz des Contrastes beigefügt. Später hat man das letztere negirt oder auf associative Gewöhnung zurückgeführt[1]. Die Wahrheit ist, dass die Regel der Verwandtschaft allerdings vorherrscht, und dass insbesondere bei einem schnellen Wechsel der Vorstellungen sich selten der Contrast geltend macht. Er kann aber entstehen, indem die Spannung der Aufmerksamkeit für eine einzelne Vorstellung oder für eine bestimmte Form und Richtung der Vorstellungen nachlässt, um einem entgegengesetzten Spannungszustande Platz zu machen.

---

[1] So im wesentlichen die HERBART'sche Schule, welche nur die Association ähnlicher Vorstellungen als unmittelbare Reproduction gelten lässt, alle andern Verbindungen aber auf eine mittelbare Reproduction zurückführt, welche durch Verschmelzung der einander nicht störenden Reste der Vorstellungen geschehen soll.

Auf diese Weise können selbst in der Ideenflucht die auf einander folgenden Vorstellungsreihen contrastiren. Ein solcher Contrast ist immer von einem deutlichen Wechsel im Spannungsgefühl der Aufmerksamkeit begleitet. Indem die bisherige Anpassung aufhört und einer andern weicht, fühlen wir uns innerlich erleichtert, und so ist jeder Uebergang von einer Vorstellungsreihe zur andern mit einer Art Lustgefühl verbunden, welches von dem Inhalt der Vorstellungen zunächst nicht abhängt [1]. Andere Wirkungen hat der Ablauf der Vorstellungen, wenn derselbe, wie in der Ideenflucht, so beschleunigt ist, dass sich eine zureichende Adaptation der Aufmerksamkeit gar nicht vollenden kann. Indem bei jeder neuen Vorstellung, welche durch Association hervortritt, eine neue Anspannung der Aufmerksamkeit erfordert wird, die, noch nicht zureichend vollendet, von einer andern abgelöst wird, tritt eine ausserordentlich rasche Erschöpfung ein, welche nothwendig auf die ganze Fähigkeit der Apperception verderblich zurückwirken und die freie Herrschaft der blossen Associationsgesetze immer mehr unterstützen muss. Schon die Reden eines Irrsinnigen, der mit Ideenflucht behaftet ist, reproduciren in dem Zuhörer das Bild dieses Zustandes, indem sich ihm das unüberwindliche Gefühl aufdrängt, er müsse bei fortgesetztem Zuhören nothwendig selber verrückt werden [2].

So erweist sich uns denn überall die spontane Wirkung der Aufmerksamkeit, deren physiologische Grundlage die willkürliche Innervation ist, als der wesentlichste Motor unserer Vorstellungen den äusseren Sinneseindrücken sowohl wie dem Spiel der Association gegenüber, die für unsere Apperception, gleich dem directen Sinnesreiz, nur ein äusseres Motiv ist, ihre Thätigkeit zu entfalten. Darin grade liegt die vorherrschende Bedeutung der Centralorgane, dass in ihnen vermöge ihrer Structuranlage eine Disposition zurückbleibt, frühere Sinneserregungen zu erneuern, und zwar in den Verbindungen, in die sie durch Verwandtschaft und Gewöhnung gesetzt sind. Nicht sowohl die Fähigkeit der Empfindung, als die Eigenschaft, Empfindungen in den Verbänden, in die sie einmal gebracht sind, wiedererneuern zu können, ist aber die physiologische Grundlage des Bewusstseins.

Die Anlage zur Aufmerksamkeit selbst ist durch die Eigenschaft der spontanen Innervation und ihre Rückwirkung auf die sinnliche Empfindung

[1] Auch A. Horwicz hat in seiner Schrift: psychologische Analysen auf physiologischer Grundlage S. 322, mit Recht, wie ich glaube, auf eine Beziehung des Contrastgesetzes der Association zum Gefühl hingewiesen.

[2] Diejenigen Leser, welche nicht Gelegenheit haben, solche Beobachtungen anzustellen, mache ich darauf aufmerksam, dass sich in dem Bücherkatalog fast eines jeden Jahres einige Werke befinden, die von wirklich Verrückten geschrieben und meist schon an ihren Titeln zu erkennen sind. Für das Studium der Associationsgesetze sind dieselben sehr zu empfehlen.

Grad der freudigen Affecte, also namentlich im Anfang derselben, kann freilich dieser Zufluss so mächtig werden, dass dadurch die Wirkung der anfänglichen Hemmung noch längere Zeit fortdauert. Der gewöhnliche Verlauf einer heftigen Freude besteht daher in einer plötzlichen, dem Schreck verwandten Bestürzung, die allmälig erst dem raschen Wechsel heiterer Phantasiebilder weicht. In anderer Weise pflegt sich bei dem plötzlichen Unlustaffect die erste hemmende Wirkung zu lösen. Hier behalten die nächsten affecterzeugenden Vorstellungen ganz und gar ihre Macht über das Bewusstsein, das sich allmälig zu sammeln beginnt. Es folgt so ein Stadium, in welchem die Apperception vollständig von einer bestimmten Vorstellung und dem an dieselbe gebundenen Gefühle beherrscht wird. Während daher der Affect der Freude allmälig in dem raschen Wogen der Vorstellungen und Gefühle sich löst, finden Schmerz, Wuth, Zorn ihr Gleichgewicht in der energischen Selbsterhaltung des Bewusstseins gegen die Macht der Eindrücke. Mit beiden Vorgängen ist eine Verminderung in der Stärke der Affecte verbunden, wodurch diese allmälig Stimmungen Platz machen, die als ihre Nachwirkungen eine kürzere oder längere Zeit noch bestehen bleiben. Besonders gewisse Unlustaffecte haben eine grosse Neigung in dauernde Stimmungen überzugehen, woran freilich der Umstand mitbetheiligt zu sein pflegt, dass der äussere Eindruck, der den Affect herbeiführt, selbst Nachwirkungen hat, die sich fortdauernd in Gefühlen geltend machen. So löst sich der heftige Schmerz über den Verlust einer geliebten Person in eine Trauer auf, die um so länger dauert, je fühlbarer die Lücke ist, die der Verlorene in unserm Leben zurückgelassen. Wi[rd] die Ursache der Störung in dem Gleichgewicht unseres Gemüthes nic[ht] durch ein plötzliches Ereigniss bezeichnet, so kann sich aber auch ei[ne] Gemüthsstimmung ohne vorausgegangenen Affect allmälig entwickeln. Do[ch] verräth sich darin in der Regel ein krankhaft gestörter Zustand, der z[ur] Dauer und Steigerung Neigung hat, daher es hier auch wohl vorkomm[t,] dass, entgegengesetzt dem gewöhnlichen Verlauf, die Stimmung zum Affec[t] heranwächst.

Alle Affecte ziehen bedeutende körperliche Rückwirkungen nach sic[h.] Die Schilderung derselben wird uns bei den Ausdrucksbewegungen beschä[f]tigen[1]), deren wichtigste Quelle der Affect ist. Im allgemeinen lassen sic[h] aber in dieser Beziehung deutlich zwei entgegengesetzte Zustände unter[-] scheiden: gesteigerte und verminderte Muskelspannungen. Jene sind [in] den Momenten zu finden, wo sich die Spannung der Apperception de[n] affecterregenden Eindrücken adaptirt hat. Ein Nachlass der willkürliche[n] Innervation macht sich dagegen fühlbar, wo solche Anpassung entwed[er]

[1]) Cap. XXII.

noch nicht eintrat oder schon wieder aufgehört hat. KANT hat nach dieser Erscheinungsweise die Affecte in sthenische und asthenische unterschieden [1]. Dabei ist aber zu bedenken, dass kaum jemals ein Affect während seines ganzen Verlaufes der ersten dieser Formen zugehört. Eine zornige Aufwallung z. B. beginnt mit einer plötzlichen Erschlaffung. Der Zorn »übermannt« zuerst den Menschen, wie die Sprache es ausdrückt. Dann erst gewinnt der Affect, indem die Spannung wächst, seinen sthenischen Charakter, um schliesslich, wenn der Sturm ausgetobt hat, eine tiefe Erschöpfung zurückzulassen. Nur die asthenischen Affecte, wie Schreck, Angst, Gram, bewahren während ihrer ganzen Dauer ihre erschlaffende Natur. Sehr heftige Affecte sind immer von lähmender Wirkung. Unfähig den Eindruck zu bewältigen, bricht der Mensch unter ihm zusammen.

Zu der Wirkung auf die willkürlichen Muskeln gesellt sich eine solche auf die Centralorgane des Herzens und der Gefässe, der Athmung, der Absonderungswerkzeuge. Mit der Steigerung der willkürlichen Innervation scheint allgemein eine Lähmung der regulatorischen Herz- und Gefässnerven, mit der Lähmung der Muskeln eine mehr oder weniger starke Erregung derselben verbunden zu sein [2]. Im sthenischen Affect nimmt daher die Frequenz der Herzschläge zu, die peripherischen Gefässe werden weit und füllen sich mit Blut, so dass weithin bis in die kleinen Verzweigungen der Arterien die Pulse klopfen. Dazu kommt eine stark vermehrte Athmungsfrequenz, die sich manchmal bis zu wirklicher Athemnoth steigert. Wenn dagegen ein plötzlicher Affect den Menschen lähmt, dann steht momentan das Herz still. Bei geringeren Graden des asthenischen Affectes werden bloss Herzschlag und Athmung schwächer und langsamer, und an der Blässe der Haut verräth sich die dauernde Contraction der kleinen Arterien. Starke Affecte können bekanntlich momentan den Tod herbeiführen. Wahrscheinlich geschieht dies immer durch die heftige Alteration der Herz- und Gefässnerven. Der sthenische Affect tödtet durch Apoplexie, der asthenische durch Herzlähmung, oder vielmehr durch jene Unterbrechung der Herzfunction, welche durch die starke und dauernde Erregung der hemmenden Herznerven herbeigeführt wird. Aber auch die mässigeren Affecte bedrohen, wenn sie habituell werden, das Leben. Die Neigung zu erregten Stimmungen begünstigt Herzleiden und apoplektische Disposition; Sorge und Gram beeinträchtigen durch dauernde Beschränkung der Blut- und Luftzufuhr die Ernährung. Minder constant und zum Theil weniger der Beobachtung zugänglich sind die Rückwirkungen der Affecte auf die

---

[1] KANT, Anthropologie. Ausgabe von ROSENKRANZ. Werke Bd. 7, 2. S. 175.
[2] Ueber die Innervation des Herzens und der Gefässe vergl. Cap. V S. 185 f.

Absonderungswerkzeuge. Doch lehrt hier die Erfahrung im allgemeinen, dass bestimmte Absonderungsorgane vorzugsweise bei einzelnen Affecten in Mitleidenschaft gezogen werden. So wirken Schmerz und Kummer auf die Thränendrüsen, der Zorn auf die Leber, die Furcht auf den Darm, die Bangigkeit der Erwartung auf die Nieren- und Harnwege. Bei diesen Wirkungen, die ebenfalls in der Innervation des verlängerten Marks ihre nächste Quelle haben, sind übrigens individuelle Dispositionen wohl von noch grösserem Einfluss, als bei den Reflexen auf Herz und Athmung[1]).

Die körperlichen Folgen der Affecte wirken nun ihrerseits auf die Gemüthsbewegung selber zurück. Zunächst geschieht dies nach der allgemeinen Regel, dass sich verwandte Gefühle verstärken. Die heftigen Muskelgefühle, welche die Bewegungen des Zürnenden begleiten, erhöhen als starke Erregungen des Bewusstseins den sthenischen Charakter des Affectes; das Herzklopfen und die Athemnoth des Furchtsamen wirken an und für sich schon beängstigend. Anderseits haben aber diese körperlichen Folgezustände auch eine lösende Wirkung. Der Zorn muss sich austoben, der Schmerz wird durch Thränen gelindert. Theilweise beruht dies wohl darauf, dass die körperlichen Gefühle, gerade weil sie zunächst den Affect verstärken, damit auch ihn rascher über seinen Höhepunkt hinwegführen. Vor allem aber bilden sie eine Ableitung der übermässig angewachsenen inneren Spannung, die, je weniger sie in Geberden oder in Thränen sich äussert, um so heftiger die Centralorgane des Kreislaufs und der Athmung zu ergreifen pflegt und dadurch unmittelbar das Leben bedrohen kann.

Der Affect kann in den verschiedensten Graden der Stärke vorkommen. Wir pflegen zwar nur die heftigeren Gemüthsbewegungen mit diesem Namen zu belegen. Aber ganz unbewegt ist unser Inneres niemals. Von den Gefühlen, die den Empfindungen und Vorstellungen zugesellt sind, gehen immer leise Affecte aus, welche an der ganzen Beschaffenheit unseres inneren Zustandes betheiligt sind. Die Affecte verhalten sich also in dieser Beziehung ähnlich wie die Gefühle selbst. Ebenso sind ihre körperlichen Wirkungen in einem gewissen Grade immer zu finden. Wie

---

[1]) J. Müller hat behauptet, die körperliche Rückwirkung aller Affecte sei die nämliche; die Unterschiede beruhten bloss auf individueller Disposition. (Handbuch der Physiologie I 4te Aufl. S. 711 f.) Wenn nun auch zugegeben werden kann, dass bei manchen Menschen namentlich gewisse Secretionsorgane, wie die Thränendrüsen, eine ausserordentlich grosse Neigung haben, bei verschiedenen Affecten in Mitleidenschaft zu gerathen, so widerspricht doch eine so weitgehende Behauptung der Erfahrung. Eher lässt sich die Ansicht von Harless rechtfertigen (Art. Temperament in Wagner's Handwörterb. III, 1 S. 558), dass der Ausdruck der Affecte auf ihrem Culminationspunkte überall der gleiche sei. Dies ist nämlich insofern richtig, als der höchste Grad des Affectes in einer allgemeinen Lähmung verbunden mit Stillstand des Herzens und Verengerung der arteriellen Gefässe besteht.

die Affecte mit den Gefühlen gehen und kommen, steigen und sinken, so bilden äussere Bewegungen einen fortwährenden Reflex dieses Wechsels der Zustände des Bewusstseins. Unser Inneres spiegelt sich daher immer in Ausdrucksbewegungen, die in ihren mannigfachen Abstufungen ein treues Bild des nie rastenden Flusses der Gemüthsbewegungen sind.

Da sowohl die innere Beschaffenheit des Affectes wie seine körperliche Rückwirkung zunächst abhängt von der Kraft, mit welcher der affecterregende Eindruck ertragen wird, so weist uns dies schon auf den Vorgang der Apperception als die psychologische Quelle der Gemüthsbewegungen hin. In der That kann man wohl als einfachste Form eines Affectes den Zustand betrachten, der in uns bei der Auffassung eines unerwarteten Eindrucks entsteht. Eine erste Andeutung jener lähmenden Wirkung, welche ein plötzlicher starker Affect erzeugt, liegt schon in der Verlängerung der physiologischen Zeit, die man bei unerwarteten Reizen beobachtet [1]). Ein Affect einfachster Art entsteht also, wenn sich eine Vorstellung in den Blickpunkt unseres Bewusstseins drängt, für welche die Aufmerksamkeit nicht adaptirt ist. Eine ähnliche Wirkung verspüren wir aber auch, wenn zwar eine Anpassung an den Eindruck erfolgen kann, dieser jedoch so stark ist, dass in kurzer Zeit eine Erschöpfung der Apperception stattfinden muss. Hierin sehen wir die Hauptunterschiede des sthenischen und des asthenischen Affectes schon vorgebildet. Immer ist es ferner die momentane Anpassung an den Eindruck, welche das Stadium des Affectes bestimmt. Ueberströmend und in energischen Ausdrucksbewegungen sich Luft machend ist dieser in solchen Augenblicken, wo die Apperception den Eindruck beherrscht; lähmend wirkt er, wenn der Eindruck entweder plötzlich das Bewusstsein überwältigt, oder wenn dieses durch längeres Ankämpfen gegen denselben erschöpft ist.

Jede Apperception führt, wie wir gefunden haben, auf eine Willenserregung zurück [2]); ihre physiologische Grundlage ist daher jene von den Willenscentren ausgehende Innervation, welche sowohl auf die centralen Sinnesgebiete wie auf die motorischen Leitungsbahnen überfliessen kann. Ist nun der Eindruck so heftig, dass die Apperception mit grosser Anstrengung verbunden ist, dann treten unwillkürlich nicht nur motorische Miterregungen, sondern sogar weitere Rückwirkungen auf die Centren der Ernährungsorgane ein. So kommt es, dass der Affect mit unwiderstehlicher Macht Ausdrucksbewegungen, Veränderungen im Herzschlag, in der Athmung und den Absonderungen mit sich führt; und damit erklärt sich zugleich die lösende Wirkung dieser Folgezustände, welche die heftige Span-

---

[1]) Vergl. S. 741 f.
[2]) Seite 765, 796.

nung von dem Centralorgan ableiten. Ist aber die Gewalt des Eindrucks zu stark, so äussert sich auch an den Bewegungsorganen die Wirkung jeder übermächtigen Reizung, die Lähmung.

Wenn man die geistigen und körperlichen Folgen eines stürmischen Affectes mit jenem einfachsten Fall zusammenhält, wo ein unerwarteter Eindruck verspätet appercipirt wird, so scheint freilich eine weite Kluft diese Zustände von einander zu trennen. Dennoch ist dieselbe von den allmäligsten Abstufungen der Gemüthsbewegung ausgefüllt. Wir dürfen dabei nicht vergessen, dass sich in unserm entwickelten Seelenleben ausserordentlich mannigfache Beziehungen der Vorstellungen ausgebildet haben, welche äussern Eindrücken und Erinnerungsbildern, die an und für sich von wenig Bedeutung wären, eine ungeheuere Macht verleihen durch die Rückwirkung, welche sie auf den in uns liegenden Reichthum von Vorstellungen und Gefühlen äussern. Jener einfachste Affect der Ueberraschung verhält sich zu solchen complicirteren Gemüthsbewegungen etwa wie das ästhetische Gefühl, das von einer einfachen geometrischen Form ausgeht, zu der Wirkung eines Kunstwerkes. Wenn wir vor dem Schuss einer gegen uns abgefeuerten Pistole zusammenschrecken, so wird bei diesem verhältnissmässig noch einfachen Affect die überraschende Wirkung des plötzlichen Eindruckes schon durch die momentan angeregte Vorstellung eigener Lebensgefahr gewaltig verstärkt. Eine zugerufene Beleidigung vollends regt zahlreiche Vorstellungen an, die auf die eigene Werthschätzung Bezug haben. Bei allen derartigen Unlustaffecten bedingt also der Eindruck eine Störung in den unser Selbstgefühl tragenden Vorstellungskreisen. Ein überraschendes Glück regt seinerseits diese Vorstellungen zu heftig an. In beiden Fällen drängen sich also mit dem Eindruck zahlreiche andere von starken Gefühlen begleitete Vorstellungen zur Apperception. Da nun diese nicht nur den Verlauf der Vorstellungen sondern auch den Wechsel der Bewegungen beherrscht[1]), so wird sich mit diesen inneren Vorgängen eine heftige, bald Erschöpfung herbeiführende Muskelerregung und im äussersten Fall eine plötzliche Lähmung verbinden. Wie aber der vom heftigen Affect Ergriffene seiner eigenen Bewegungen nicht mehr mächtig ist, so verliert er auch die Herrschaft über seine Gefühle und Vorstellungen. Auf diese Weise kann, indem die erschöpfte Apperception ganz und gar der Herrschaft der Association unterliegt, ein Zustand vollständiger Ideenflucht eintreten. So erklärt sich einerseits die täuschende Aehnlichkeit maassloser Affecte mit dem Rasen des Wahnsinnigen, anderseits die Thatsache, dass die Hingebung an ungezügelte Affecte ebensowohl zur Seelenstörung, wie diese letztere, so lange der Zustand gesteigerter Reizbarkeit andauert,

[1]) Vergl. S. 765.

zu Affecten disponirt. Dieser Wechselwirkung fehlt natürlich auch nicht die körperliche Grundlage. Mit jedem Affect ist eine Reizung des Gehirns verbunden, deren häufige Wiederholung immer mehr eine dauernde Zunahme der Reizbarkeit zurücklässt.

Von dem Affect unterscheidet sich der Trieb als eine Gemüthsbewegung, die auf zukünftige Eindrücke gerichtet ist. Wie für den Affect die Ueberraschung, so ist daher für den Trieb der Zustand der Erwartung die einfachste Grundform. Dieser Zustand kann aber sowohl nach dem Grad der Spannung, mit welcher dem zukünftigen Eindruck entgegengesehen wird, wie nach der Beschaffenheit des letzteren verschieden sein. Der Grad der Spannung begründet die Stärke, die Beschaffenheit des Eindrucks die Richtung des Triebes. Diese Richtung ist zunächst von dem an den Eindruck gebundenen Gefühle bestimmt, da das Gefühl es ist, durch welches die Wirkung der Empfindungen und Vorstellungen auf unser Bewusstsein gemessen wird. So spaltet sich denn auch der Trieb nach den zwei Gegensätzen des Gefühls in die Richtungen des Begehrens und des Widerstrebens. Aber wie Gefühl und Affect, so hat auch der Trieb eine Indifferenzlage zwischen beiden Gegensätzen, wo dem Eindruck weder mit Neigung noch mit Abscheu entgegengesehen wird. In dieser Indifferenzlage befinden wir uns in dem vorhin geschilderten Zustande der einfachen Erwartung. Da jedoch die Intensität der Gemüthsbewegungen durchaus von der Lebhaftigkeit der Gefühle bestimmt wird, so pflegt bei einer solchen neutralen Erwartung die Spannung des Triebes von geringer Stärke zu sein, und dieselbe wächst im allgemeinen mit der Entschiedenheit der Gefühle.

Begehren und Widerstreben bilden die Grundlage der willkürlichen Bewegung. Die geistige Entwicklung des Menschen macht in dieser Beziehung keinen Unterschied. Sie hebt nicht die Triebe auf oder lehrt sie unterdrücken, sondern sie erweckt nur neue und höhere Formen des Begehrens, welche über die in dem Thier und in dem Naturmenschen wirksamen Triebe immer mehr die Herrschaft erlangen. Die entgegengesetzte Ansicht, welche die geistige Entwicklung nach dieser Seite in einer Unterdrückung der Triebe sieht, geht von einer beschränkten Auffassung des Begriffes aus. Sie sieht in dem Triebe nur das sinnliche Begehren und Widerstreben und übersieht ganz und gar, dass auch er gleich den Gefühlen, die seine Grundlage bilden, von dem ganzen geistigen Besitzthum eines Menschen bestimmt wird. Nicht in der Freiheit von Trieben oder in ihrer Bezwingung besteht also die Errungenschaft der Cultur, sondern in einer Vielseitigkeit derselben, von welcher das Thier, bei dem das sinnliche Begehren alles Han-

deln lenkt, keine Ahnung hat. Diese wachsende Vielseitigkeit des Begehrens begründet nun allerdings den wesentlichen Unterschied, dass mit ihr der Widerstreit verschiedener Triebe im Bewusstsein zunimmt, während das Thier und bis zu einem gewissen Grade auch noch der Naturmensch durch die sinnlichen Gefühle, welche die äusseren Eindrücke in ihnen erregen, meistens unmittelbar und eindeutig bestimmt sind. Doch können wir immerhin einen Streit zwischen verschiedenen Trieben zuweilen auch schon bei den intelligenteren Thieren beobachten. Der Hund z. B. schwankt zwischen dem Begehren nach einer Fleischschüssel und dem Widerstreben vor der Strafe, die, wie er aus Erfahrung weiss, dem verbotenen Genusse zu folgen pflegt. Ein geringer äusserer Anlass, die drohend erhobene Hand des Herrn oder im Gegentheil eine ermunternde Bewegung, kann hier dem einen oder andern Antrieb zum Sieg verhelfen.

Wie wir die Gefühle in zwei Hauptclassen scheiden können, in solche, die an die reine Empfindung gebunden sind, und in andere, die von der Vorstellungen ausgehen, so lassen sich auch die Triebe trennen in einfach sinnliche, die in einem Begehren nach sinnlichen Lustgefühlen und in einem Widerstreben gegen sinnliche Unlustgefühle bestehen, und in höhere, die in den mannigfachen Gestaltungen des ästhetischen Gefühls ihre Wurzel haben. Auch hier mangelt aber der entwickelteren Form nicht die sinnliche Grundlage. Das Kunstwerk, in welchem das sinnliche Gefühl getragen und beherrscht wird von einer sittlichen Idee, ist darin zugleich ein Vorbild der menschlichen Lebensführung.

Jedes Wesen bringt zweifellos gewisse sinnliche Triebe als ein angeborenes Besitzthum zur Welt mit. Der Nahrungs- und Geschlechtstrieb zeigen sich in ihren ersten Aeusserungen gänzlich unabhängig von den vorausgegangenen Erfahrungen des individuellen Bewusstseins. Und nicht bloss in ihrer allgemeinen Anlage sondern auch in ihren besonderen Gestaltungen müssen diese Triebe bei den einzelnen Wesen als angeborene Formen des Begehrens betrachtet werden. Der neugeborene Säugling sucht ohne Anleitung nach der Mutter Brust, der jung eingefangene Vogel baut im Käfig sein Nest, wenn die Brutzeit herannaht, und der junge Biber errichtet, wie F. Cuvier beobachtete, sein kunstvolles Wohnhaus ohne fremde Unterweisung[1]). Zwar ist jenes erste Suchen des Säuglings noch ein äusserst unsicheres, und die Erfahrung unterstützt sichtlich die Ausübung des Triebes. Ebenso mag man zugeben, dass junge Vögel ihre Nester ungeschickter bauen als alte, und dass sie, im Käfig gehalten, manchmal gar nicht oder ganz anders bauen, als eigentlich ihrer Art zukommt[2].

[1]) Flourens, de l'instinct et de l'intelligence des animaux. 4me édit. Paris 1861 p. 56.

[2]) A. R. Wallace, Beiträge zur Theorie der natürlichen Zuchtwahl. Deutsch von A. B. Meyer. Erlangen 1870. S. 250, 255.

Alles dies beweist nur, dass auch diese Triebe von den individuellen Erlebnissen beeinflusst werden; ihr Vorhandensein, ehe irgend ein Vorbild einwirken konnte, lässt sich darum doch nicht bestreiten. Wohl aber darf man zweifeln, ob Vorbild und Erfahrung hier so raschen Erfolg hätten, wenn nicht der Trieb von Anfang an da wäre.

Die psychologische Theorie der angeborenen thierischen Triebe oder sogenannten Instincte schwankt zwischen zwei Extremen. Nach der einen Ansicht bringt das neugeborene Wesen schon die Vorstellungen, auf die sich sein Trieb bezieht, zur Welt mit. Dem Vogel schwebt das Nest, das er bauen soll, der Biene ihre Wachszelle als fertiges Bild vor. Die entgegengesetzte Auffassung betrachtet die instinctiven Handlungen ganz und gar als Erzeugnisse einer individuellen Erfahrung, wobei jedes Wesen theils durch das Beispiel anderer theils durch eigene Ueberlegung bestimmt wird. Beide Theorieen verfehlen das Ziel, weil sie den Instinct für ein angeborenes oder erworbenes Erkennen halten, also das Wesen desselben in den Erkenntnissprocess verlegen. DARWIN sieht die Instincte als Gewohnheiten an, die, durch natürliche oder künstliche Züchtung entstanden, sich auf die Nachkommen vererben, indem sie dabei unter Fortwirkung constanter Naturbedingungen verstärkt werden[1]. Mit Recht wird hier das Gesetz der Vererbung betont als ein wesentliches Moment der Erklärung. Aber die Gewohnheit, mit der schon CONDILLAC und F. CUVIER die Instincte verglichen[2], ist ein unbestimmter Begriff, welcher den psychologischen Vorgang ganz und gar dunkel lässt. Denn es frägt sich, wie jene Gewohnheiten entstanden sind, die in ihrer Vererbung und Häufung die so ausserordentlich verschiedenen Instincte der Thiere erzeugt haben. Der Hinweis auf die Einflüsse der Züchtung hebt nur gewisse äussere Lebensbedingungen hervor; die psychologische Frage richtet sich aber vor allem auf die inneren Bestimmungsgründe, die bei der ersten Entstehung instinctiver Handlungen wirksam gewesen sind, und die bei dem Wiederauftreten derselben in jedem einzelnen Individuum einer Species immer noch wirksam sein werden. Dieser Antrieb zur Ausführung der Instincthandlungen kann nun unmöglich in vererbten Vorstellungen liegen, welche als fertige Bilder vor dem Bewusstsein schweben. Denn erstens würde das Vorhandensein solcher Vorstellungen an und für sich das Hervortreten der Handlung noch gar nicht erklären; für diese müsste immer noch ein besonderer Antrieb vorausgesetzt werden. Zweitens bemerken wir in jenen Fällen, wo sich wirklich ein Trieb in seiner ursprünglichen inneren Natur verfolgen lässt, durchaus nichts von dem Vorhandensein bestimmter Vorstellungen. Diese innere

---

1) DARWIN, über die Entstehung der Arten. Deutsch von BRONN. S. 217.

2) FLOURENS, de l'instinct et de l'intelligence p. 107.

Entwicklung der Triebe können wir freilich nicht an den Instincten der Thiere sondern nur an einigen Trieben des Menschen beobachten. Hier sehen wir nun, dass z. B. beim Geschlechtstrieb das Begehren in seinen ersten dunkeln Regungen sich durchaus keines bestimmten Zieles bewusst ist; es wird nicht von den Vorstellungen beherrscht, sondern der vorhandene Trieb bemächtigt sich erst gewisser Vorstellungen, die sich während der Entwicklung des individuellen Bewusstseins ihm bieten. In dieser Unbestimmtheit der ursprünglichen Triebe liegt zugleich der Keim zu den mannigfachen Verirrungen, denen sie unterworfen sind. Der Trieb in seiner ersten Aeusserung ist also ein Streben, welchem sein Ziel allmälig erst bewusst wird, indem es nach Erfüllung ringend äussere Eindrücke verarbeitet. Nichts desto weniger sind gewiss schon Sinnesreize zum ersten Hervorbrechen der Triebe erforderlich; aber diese Sinnesreize stehen zu den Vorstellungen, deren sich der Trieb bei seiner Erfüllung bemächtigt, in keiner bestimmten Beziehung, denn sie bewirken überhaupt keinerlei Vorstellungen, sondern lediglich sinnliche Empfindungen und Gefühle. Der Nahrungstrieb des Säuglings entspringt weder aus dem Anblick der Mutterbrust noch aus der Vorstellung der Nahrung, sondern aus einem dumpfen Hungergefühl, das reflectorisch alle jene Bewegungen hervorruft, welche schliesslich die Stillung des Begehrens bewirken. Ist auf diese Weise öfter einmal der Trieb des Kindes befriedigt worden, dann wird sich allerdings allmälig die dunkle Vorstellung der äussern Objecte, die sich dabei darbieten, und seiner eigenen Bewegungen hinzugesellen, und es wird so mit dem Hungergefühl zugleich das reproducirte Bild aller dieser Eindrücke auf die Erfüllung des Begehrens hindrängen. So erklärt es sich denn leicht, dass diese einfachsten Instincthandlungen schon, so sehr sie auch ursprünglich angeboren sind, doch sichtlich durch Uebung vollkommener werden.

Nicht anders werden wir nun die individuelle Entstehung der Instincte bei den Thieren uns denken müssen. In dem jungen Vorstehehund, der zum ersten Male zur Jagd geht, und der bei der Witterung des Wildes alsbald von dem unwiderstehlichen Trieb zum Stellen erfasst wird, existirte bis zu diesem Augenblick noch keine Vorstellung von dem Wilde. Wahrscheinlich sind es bestimmte Gesichts- und Geruchsreize, die jenen Trieb momentan in ihm losbrechen lassen. Auch hier kann aber der Instinct in seinen ersten Aeusserungen irre gehen, wie denn z. B. DARWIN[1]) berichtet, dass zuweilen junge Vorstehehunde vor andern Hunden stehen, was dem erfahreneren Thiere nicht mehr begegnet. Ebenso werden den Vogel körperliche Reize, die von den Organen der Fortpflanzung ausgehen,

[1]) a. a. O. S. 223.

zu einer bestimmten Zeit seines Lebens antreiben, die Vorbereitungen zum Nestbau zu treffen. Das zum ersten Mal bauende Thier weiss nichts von dem Neste und den Eiern, die es hineinlegen wird: die Vorstellung entsteht erst, indem der Trieb zu seiner Erfüllung gelangt; der Trieb selber geht aber wieder von Körpergefühlen aus, die von jener Vorstellung nicht das geringste enthalten. In andern Fällen werden wohl die Reize, welche die Instincte erwecken, sogleich mit dem Beginn des selbständigen Lebens wirksam und bleiben es fortwährend. Schon Reimarus hat hervorgehoben, dass die körperliche Bewegung und andere Lebensvorgänge als einfache Triebäusserungen betrachtet werden können [1]. Selbst der Mensch bringt den Trieb zur Bewegung oder vielmehr die Eigenschaft, den Trieb durch äussere Sinnesreize zu entwickeln, zur Welt mit, und ohne diese Anlage würde er niemals die Bewegung erlernen. Das Erlernen selbst geht, sogar bei den Ortsbewegungen, die sich am langsamsten ausbilden, theils aus eigener Triebäusserung theils aus den dabei einwirkenden Eindrücken und Erfahrungen hervor. Bei zahlreichen Thieren aber ist die Fertigkeit der Bewegung in dem Moment, wo sie ins Leben treten, schon vollständig ausgebildet. Das junge Hühnchen, dem noch die Eischale auf dem Rücken klebt, und das eben geborne Kalb stehen und gehen ohne weitere Uebung und Anleitung. Trotzdem kann man auch hier streng genommen nicht sagen, dass das Thier den actuellen Trieb zur Welt mitbringe. Im Ei und im Fruchthalter hat sich dieser Trieb noch nicht geregt. Also können erst die äussern Reize, die im Moment der Geburt ihre Einwirkung beginnen, die Erweckung desselben verursachen. Er ist aber hier schon in seinen ersten Aeusserungen so sicher, dass die individuelle Uebung verhältnissmässig wenig hinzufügen kann. Wir müssen daher nothwendig annehmen, dass in der angeborenen, von den vorausgegangenen Generationen erworbenen Bildung des Nervensystems die fertige Disposition zu jenen Bewegungen liege, die nur der Erregung durch den von äusseren Sinnesreizen erweckten Trieb bedarf, um in volle Wirksamkeit zu treten. Bei den Instincthandlungen fällt also der individuellen Entwicklung im ganzen ebenso viel und ebenso wenig zu als bei der sinnlichen Wahrnehmung. Die Anlage bringt das einzelne Wesen vollständig vorgebildet mit; zur wirklichen Function ist aber die Einwirkung der Sinnesreize erforderlich. Beide Fälle sind in der That nahe verwandt. Auch die Function der Sinnesorgane ist an Bewegungen gebunden, welche aus einem inneren Naturtriebe hervorgehen. Ebenso ist das Maass individueller Ausbildung, welches zu der angeborenen Anlage hinzukommen muss, für die Sinneswahrnehmungen und die Instincthandlungen das gleiche. Je weniger der Instinct der Vervollkomm-

[1] Reimarus, allgemeine Betrachtungen über die Triebe der Thiere, hauptsächlich über ihre Kunstriebe. Hamburg 1760. S. 2 f.

nung durch eigene Lebenserfahrung bedarf, um so fertiger tritt von Anfang an auch die sinnliche Wahrnehmung auf. Der Mensch wird in beiden Beziehungen verhältnissmässig unfertig geboren; selbst die einfachsten Bewegungen und Wahrnehmungen, deren die meisten Thiere alsbald mächtig sind, muss er allmälig erst ausbilden. Es ordnet sich aber diese Thatsache einer, wie es scheint, allgemein im Thierreich zu beobachtenden Regel unter. Je einfacher die Organisation des centralen Nervensystems ist, um so sicherer vorgebildet sind jene ererbten Dispositionen, auf welchen die ersten Aeusserungen der Sinneswahrnehmungen und der Triebe beruhen. Je verwickelter dagegen der Bau des Gehirns ist, um so breiter wird der Spielraum, welcher der individuellen Ausbildung bleibt; um so grösser sind nun aber auch die individuellen Unterschiede, die sich in allen psychischen Functionen, von den einfachsten Bewegungen, an geltend machen. Diese Wechselwirkung ist im allgemeinen leicht begreiflich. Bei einer vielseitigen Anlage eines Wesens muss zugleich der individuellen Entwicklung ein grösserer Raum geboten sein, und gleichzeitig damit muss nothwendig die Determination durch Vererbung geringer werden.

Gemäss dem Gesetz der Vererbung und dem Princip der Anhäufung bestimmter Eigenthümlichkeiten unter dem Einfluss gleichmässig fortwirkender Bedingungen haben wir alle irgendwie zusammengesetzteren Instincte als Producte einer Entwicklung zu betrachten, deren Ausgangspunkte noch gegenwärtig in den einfachsten Triebäusserungen niederer Thiere uns vorliegen. Je einfacher solche Triebäusserungen sind, um so mehr nähern sie sich aber der Reflexbewegung oder jener Bewegung, die als unmittelbarer mechanischer Erfolg äusserer Reize auf einen empfindungsfähigen Organismus auftritt, und die in der centralen Verbindung bestimmter sensorischer und motorischer Fasern ihren physiologischen Grund hat. Dieses Resultat bestätigt sich nun auch darin, dass jeder angeborene Trieb immer zu seiner ersten Aeusserung gewisser Sinnesreize bedarf. Dabei ist aber der Reflex nur gewissermassen der ideale Ausgangspunkt des Instinctes. Unserer Beobachtung ist schlechterdings kein Organismus gegeben, dessen Triebäusserungen lediglich in Reflexbewegungen beständen. Selbst die niedersten Protozoen äussern ihre Triebe durch Handlungen, die ein gewisses Bewusstsein verrathen. Die Triebe sind also psychische Vorgänge, die auch in ihrer einfachsten Form nicht auf den blossen Mechanismus der Reflexe zurückgeführt werden können. Dies liegt eben daran, dass wir kein der Triebe überhaupt fähiges Wesen kennen, welches absolut unentwickelt geblieben wäre.

Die Entwicklung der Triebe beruht nun darauf, dass bei der besonderen Gestaltung derselben den Vorstellungen und dem an die Apperception der Vorstellungen geknüpften Erkenntnissprocess eine wichtige Rolle

zufällt. Es braucht, um diesen Einfluss anzuerkennen, nur auf die mannigfaltigen Aeusserungen der verschiedenen thierischen Instincte hingewiesen zu werden. Wenn die meisten Beobachter eine Erklärung der Instincte aus Verstandeshandlungen zurückwiesen, so ist dies in der That nicht desshalb geschehen, weil etwa in solchen Instincten, wie in dem Bautrieb des Bibers und der Biene, in den staatlichen Vereinigungen der Ameisen und Termiten u. s. w., kein Verstand zu finden wäre, sondern weil man im Gegentheil davon zu viel darin gefunden hat, so dass derselbe, wenn man ihn als einen individuellen Erwerb betrachten wollte, mitunter als etwas den höchsten menschlichen Leistungen Ebenbürtiges betrachtet werden müsste[1]. So ist es denn begreiflich, dass man sich lieber entschloss, in dem instinctiven Thun der Thiere die Aeusserung einer ihnen fremden Intelligenz zu sehen. Diese Deutung scheitert aber, abgesehen von ihrer sonstigen psychologischen Unwahrscheinlichkeit, an der gar nicht abzuleugnenden Thatsache, dass das Thier bei seinen instinctiven Handlungen nebenbei immer von individuellen Erfahrungen bestimmt wird, wodurch es nicht selten einen gewissen Grad von Ueberlegung und Voraussicht an den Tag legt, wie solche an verhältnissmässig einfache Vorstellungsassociationen geknüpft werden können[2]. Man müsste also an jene fremde Intelligenz die unerhörte Zumuthung stellen, dass sie dem Thiere nicht bloss im allgemeinen sein instinctives Thun vorzeichne sondern dasselbe auch in jedem einzelnen Fall dabei lenke und immer wo möglich das richtige Mittel zum Zweck ergreifen lasse. Wie würde es aber damit wieder zusammenstimmen, dass die Thiere in solchen individuellen Intelligenzäusserungen doch wieder sehr häufig sich irren und in der gröbsten Weise getäuscht werden können? Hierdurch verräth sich eben jene Intelligenz als eine ausserordentlich beschränkte, die nur die nächsten Erfolge im Auge hat, und die nur wegen des engen Horizonts, in welchen die Vorstellungen eingeschränkt sind, in ihren Aeusserungen eine gewisse Vollkommenheit erreichen kann. Das Räthsel dieser Intelligenz im Instincte schwindet, wenn wir auch sie als eine Erwerbung zahlloser Generationen betrachten, zu der jede einzelne nur einen unendlich kleinen Beitrag geliefert hat. In der That sehen wir die Entwicklungsstufen des Instinctes, welche so vorausgesetzt werden müssen, noch heute zum Theil in den verschiedenen Arten einer und derselben Familie oder Ordnung des Thierreichs neben einander bestehen. So bildet der kunstlose Bau der

[1] Vergl. Autenrieth, Ansichten über Natur- und Seelenleben S. 171.

[2] Vergl. meine Vorlesungen über die Menschen- und Thierseele I S. 443 f., und ausserdem die speciellen Schriften über Thierpsychologie, namentlich Scheitlin's Versuch einer Thierseelenkunde (Stuttgart und Tübingen 1840, 2 Bde.), ein an Beobachtungen reiches, aber der Kritik ermangelndes Werk, sowie Perty's Seelenleben der Thiere. Leipzig u. Heidelberg. 1865.

Wespen und Hummeln offenbar eine Vorstufe zu den verwickelteren Einrichtungen des Bienenstaates[1]).

Dass die höheren intellectuellen und moralischen Triebe, die sich nur in dem menschlichen Geiste ausbilden, ebenfalls in gewissem Grade dem Gesetz der Vererbung unterworfen sein können, lässt sich wohl nicht bestreiten. Auch scheint es, dass sittliche wie unsittliche Neigungen von den Eltern auf die Nachkommen übergehen, und das allgemeine Urtheil pflegt den moralischen Trieben sogar eine grössere Tendenz zur Vererbung zuzugestehen als der intellectuellen Anlage. Dabei ist freilich die Unsicherheit aller dieser Beobachtungen und der in der Regel im gleichen Sinne wirksame Einfluss der Erziehung nicht zu übersehen. Von vornherein ist es wahrscheinlich, dass Triebe, deren Existenz schon eine höhere intellectuelle und moralische Entwicklung voraussetzt, in der ursprünglichen Organisation minder fest determinirt sein werden als die sinnlichen Begehrungen, die in früher Lebenszeit schon hervorbrechen und nur gewisser äusserer Reize zu ihrer Entstehung bedürfen. Anderseits gibt der genetische Standpunkt jener optimistischen Auffassung, welche die Menschheit im Ganzen der Vervollkommnung zustreben lässt, eine kräftige Stütze, indem er neben dem in Sitten und Ueberlieferungen niedergelegten Erwerb früherer Geschlechter eine Veredlung der ursprünglichen Anlage für möglich hält, womit freilich mannigfache Schwankungen in auf- und absteigender Richtung keineswegs ausgeschlossen sind. Für eine Zeit, so gut wie für ein Individuum, liegt also darin höchstens das Vorrecht, dass sie besser sein kann und soll als die ihr vorausgehenden, aber nicht im mindesten der Anspruch, dass sie wirklich auch besser ist.

Gleich dem Gefühl und Affect vermag auch der Trieb die mannigfachsten Formen anzunehmen. Denn jeder geistige Inhalt kann, wie er Gefühle und Affecte mit sich führt, so auch Begehrungen erregen. Diese selbst sind zugleich fortwährend von Gefühlen und Affecten begleitet. Begehren und Widerstreben anticipiren ihren Gegenstand in der Vorstellung, so dass die Gefühle und Affecte, welche derselbe anregt, schon mit dem Trieb sich verbinden. Aus diesem Umstande erklärt sich die Thatsache, dass unsere Sprache für diese drei Zustände insgemein nur einen einzigen Ausdruck hat. Der Abscheu ist gleichzeitig Gefühl und Affect wie widerstrebender Trieb. Wir reden von der Lust als einem Gefühl; wenn wir aber »Lust zu etwas haben«, so meinen wir damit ein Begehren. Auch insofern behandelt unsere Sprache die drei Zustände übereinstimmend, als sie zahlreiche Ausdrücke für die Gefühle, Affecte und Strebungen der Unlust gebildet hat, während die erfreuenden Gemüthsstimmungen dagegen zu kurz

[1]) Vorlesungen über die Menschen- und Thierseele II S. 194 f.

kommen. Diese Erscheinung hat wohl weniger darin ihren Grund, dass der Mensch vorzugsweise seine Unluststimmungen sorgsam beobachtet[1], als vielmehr darin, dass die Gefühle der Lust wirklich eine grössere Gleichförmigkeit besitzen. Besonders bei den sinnlichen Gefühlen ist dies deutlich. Der Schmerz hat nicht nur viele Stärkegrade, sondern auch je nach seinem Sitz mancherlei Färbungen; aber das gehobene Gemeingefühl ist immer eins und dasselbe.

In seiner psychologischen Entstehungsweise bildet der Trieb den Gegensatz oder auch, wenn man will, die Ergänzung zum Affecte. Dieser letztere besteht in der unmittelbaren Einwirkung gegenwärtiger Gefühle auf den Verlauf der Vorstellungen. Der Trieb dagegen ist eine Veränderung dieses Verlaufes, welche auf die Herbeiführung oder Vermeidung gewisser Gefühle gerichtet ist. Deutlich spricht dieses Verhältniss in den einfachsten Formen von Affect und Begehren, in den Zuständen der Ueberraschung und der Erwartung sich aus[2]. Jede Spannung der Apperception, wodurch sich diese einer zu erfassenden Vorstellung zuwendet, ist eine elementare Triebäusserung, die sich als Begehrung oder Widerstrebung gestaltet, wenn der Inhalt der Vorstellung Anlass gibt zu Gefühlen der Lust oder Unlust. In diesem weiteren Sinne könnte man also die ganze Bewegung der Aufmerksamkeit, welche den Verlauf der Vorstellungen durch den Blickpunkt des Bewusstseins bestimmt, eine Triebäusserung nennen. In der That findet sich von jenem Streben von einem Eindruck zum andern, welches dem gewöhnlichen Verlauf unserer Vorstellungen zu Grunde liegt, bis zu den heftigsten Aeusserungen des Begehrens eine stetige Reihe von Uebergangszuständen. Streng genommen ist jeden Augenblick in uns ein Begehren ebensowohl wie ein Gefühl und ein Affect; aber aus allen den leise anklingenden Gemüthszuständen heben wir in der Regel die stärkeren hervor, nach denen wir die ganze Gemüthslage bestimmen, indem wir so bald das Gefühl bald den Affect bald den Trieb als das herrschende in uns anerkennen. Als physiologische Grundlage des Begehrens und Widerstrebens müssen wir endlich nach dem ganzen Wesen dieser Zustände jene motorische Innervation ansehen, auf welche, wie wir gesehen haben, die Spannung der Apperception zurückführt[3]. Diese Innervation erfolgt bei den angeborenen Trieben reflectorisch, indem dabei bestimmte Verbindungen innerhalb der nervösen Centralorgane, zu denen eine durch frühere Generationen allmälig erworbene Disposition besteht, in Wirksamkeit treten. Andere Verbindungen werden erst unter dem Einfluss individueller Erlebnisse sich ausbilden. Bei den höheren Trieben vollends werden gewisse

---

1) L. George, Lehrbuch der Psychologie. S. 416.
2) Siehe oben S. 805, 807.
3) S. 765.

Complexe reproducirter Vorstellungen den psychischen Reiz bilden, der die Erregung verursacht. Diese Erregung selbst bleibt in vielen Fällen, wo die Strebungen nur innerlich verarbeitet werden, auf die eigentlichen Apperceptionsgebilde beschränkt. Bei den ursprünglicheren Formen des Triebes dagegen geht sie immer zugleich auf motorische Bahnen über: es entstehen Ausdrucksbewegungen oder zusammengesetzte Handlungen. So namentlich bei den Instincten der Thiere und theilweise auch noch bei den sinnlichen Trieben des Naturmenschen, wo der Erweckung des Triebes unmittelbar Folge gegeben wird in der äussern Bewegung.

Die Schilderung der einzelnen Affecte und Triebe liegt ausserhalb der Grenzen dieser Darstellung; doch haben wir zum Schlusse noch hinzuweisen auf die eigenthümlichen individuellen Dispositionen der Seele zur Entstehung der Gemüthsbewegungen. Diese Dispositionen sind die Temperamente. Was die Erregbarkeit in Bezug auf die sinnliche Empfindung, das ist das Temperament in Bezug auf Trieb und Affect. Wie wir eine dauernde Erregbarkeit und daneben fortwährende Schwankungen derselben unterscheiden können, so zeigt sich auch das Temperament theils als ein dauerndes theils in der Form wechselnder Temperamentsanwandlungen, die von äussern und innern Ursachen abhängen können. Die uralte Unterscheidung der vier Temperamente, welche die Psychologie den medicinischen Theorieen des Galen entlehnte, ist aus einer feinen Beobachtung der individuellen Verschiedenheiten des Menschen hervorgegangen. Sie hat auch heute ihre Brauchbarkeit nicht eingebüsst, wenn gleich die Vorstellungen, aus welchen einst die Namen des sanguinischen, melancholischen, cholerischen und phlegmatischen Temperamentes hervorgiengen, längst beseitigt sind. Charakteristischer als diese an die alten Galenischen Theorieen erinnernden Ausdrücke sind übrigens die Verdeutschungen, welche Kant[1]) gebraucht: leicht- und schwerblütig, warm- und kaltblütig. Auch die Viertheilung der Temperamente lässt sich noch rechtfertigen, weil wir in dem individuellen Verhalten der Affecte und Begehrungen zweierlei Gegensätze unterscheiden können: einen ersten, der sich auf die Stärke, und einen zweiten, der sich auf die Schnelligkeit des Wechsels der Gemüthsbewegungen bezieht. Zu starken Affecten neigt der Choleriker und Melancholiker, zu schwachen der Sanguiniker und Phlegmatiker. Zu raschem Wechsel ist der Sanguiniker und Choleriker, zu langsamem der Melancholiker

---

[1]) Anthropologie. Werke Bd. 7, 2. S. 216 f.

und Phlegmatiker disponirt[1]). In diesen Verhältnissen scheint mir mehr als, wie Kant meinte, in der Beziehung zu Gefühl oder Handlung das Wesen der Temperamente zu liegen. Auch die sonstigen Eigenthümlichkeiten derselben lassen sich leicht mit diesen zwei Hauptgegensätzen in Zusammenhang bringen. Bekanntlich geben sich die starken Temperamente, das cholerische und melancholische, mit Vorliebe den Unluststimmungen hin, während die schwachen als eine glücklichere Begabung für die Genüsse des Lebens gelten. Dies hat seinen Grund in jener Erfahrung, auf welche die pessimistische Weltansicht so grossen Werth legt, dass die Summe der kleinen Leiden, von welchen unsere Existenz umgeben ist, auf denjenigen, der durch schwache Eindrücke in starken Affect geräth, im Ganzen eine grössere Wirkung üben muss, als die erfreulichen Seiten des Daseins. Der Pessimismus beruht daher insgemein auf einer individuellen Temperamentseigenthümlichkeit, die dann freilich auch den ethischen Werth des Lebens nach ihrem dem Affect entliehenen Maassstabe zu schätzen liebt. Die beiden raschen Temperamente, das sanguinische und cholerische, geben sich ferner mit Vorliebe den Eindrücken der Gegenwart hin; denn ihre schnelle Beweglichkeit macht sie bestimmbar durch jede neue Vorstellung. Dem gegenüber sind die beiden langsamen Temperamente mehr auf die Zukunft gerichtet. Nicht abgezogen durch jeden zufälligen Reiz, nehmen sie sich Zeit den eigenen Gedanken nachzugehen. Der Melancholiker vertieft sich in die Gefühle, die eine freudelos erwartete Zukunft in ihm anregt; der Phlegmatiker hält in zäher Ausdauer an einmal begonnenen Entwürfen fest. Endlich lässt auch Kant's Unterscheidung diesem Rahmen sich einfügen. Das schnelle Temperament bedarf der Stärke, das schwache der Langsamkeit, wenn beide nicht in der bloss hingebenden Haltung gegenüber den wechselnden Eindrücken aufgehen sollen. So treten beide als Temperamente der Thätigkeit denen des Gefühls, dem sanguinischen und melancholischen, gegenüber.

Man hat mit Recht bemerkt, dass die individuelle Bestimmtheit des Temperaments auch noch auf grössere Gruppen gleichartig angelegter Wesen sich ausdehnen lässt. So zeigen die Menschenrassen, die einzelnen Völker und unter diesen wieder die provinziellen Abzweigungen charakteristische Temperamentsunterschiede. Nicht minder treffen wir dieselben bei den geistig entwickelteren Ordnungen, Familien und Arten des Thierreichs zum Theil in sehr scharf ausgeprägter Weise, die in höherem Grade als

[1]) Unterscheiden wir demnach starke und schwache, schnelle und langsame Temperamente, so übersieht man die ganze Eintheilung in folgender Tafel:

	Starke	Schwache
Schnelle	Cholerisch	Sanguinisch
Langsame	Melancholisch	Phlegmatisch.

beim Menschen die individuellen Färbungen ausschliesst[1]. Da jedes Temperament seine Vorzüge und Nachtheile hat, so besteht für den Menschen die wahre Kunst des Lebens darin, seine Affecte und Triebe so zu beherrschen, dass er nicht ein Temperament besitze sondern alle in sich vereinige. Sanguiniker soll er sein bei den kleinen Leiden und Freuden des täglichen Lebens, Melancholiker in den ernsteren Stunden bedeutender Lebensereignisse, Choleriker gegenüber den Eindrücken, die sein tieferes Interesse fesseln, Phlegmatiker in der Ausführung gefasster Entschlüsse.

Die ältere Psychologie ordnete die Affecte unter das Begehrungsvermögen, indem sie dieselben als ein heftiges Begehren oder Widerstreben auffasste[2]. Dieses letztere galt zwar als ein besonderes Seelenvermögen, wurde aber doch der Erkenntnisskraft untergeordnet, indem man dasselbe aus der Erkenntniss des Guten und Schlechten ableitete[3]. KANT behielt zwar in seiner Anthropologie diese Eintheilung der WOLFF'schen Psychologie bei, trennte aber doch durch seine Definition des Affects diesen von der Begierde. Affect ist nämlich nach ihm das Gefühl einer Lust oder Unlust im gegenwärtigen Zustand, welches im Subject die Ueberlegung nicht aufkommen lässt[4]. Der Affect ist also bei KANT nicht mehr, wie bei WOLFF, ein starkes Begehren sondern vielmehr ein starkes Gefühl, welches sich insbesondere auch in körperlichen Bewegungen kundgibt, worin sich eben die aufgehobene Ueberlegung verräth. HERBART erkannte, dass Affect und Begehren in dem Verlauf der Vorstellungen sich äussern. Während er das Gefühl in eine ruhende Spannung der Vorstellungen verlegt, sollen diese bei dem Affect beträchtlich vom Zustand des Gleichgewichtes entfernt sein, wobei entweder ein zu grosses Quantum des wirklichen Vorstellens ins Bewusstsein dringe (bei den sthenischen Affecten), oder aus letzterem ein grösseres Quantum verdrängt werde, als wegen der Beschaffenheit der vorhandenen Vorstellungen eigentlich sein sollte[5]. HERBART hebt hervor, dass nicht die Affecte es sind, welche hierbei die Vorstellungen regieren, sondern dass vielmehr aus den Vorstellungen selbst die Affecte entspringen. Wenn wir nun aber nach den Eigenschaften der Vorstellungen uns umsehen, welche Affecte verursachen können, so finden wir uns dabei immer auf Gefühle hingewiesen. Die ältere Psychologie hatte also mit Recht Gefühl und Affect in eine nahe Beziehung gesetzt: sie hatte jedoch darin geirrt, dass sie zwischen beiden nur einen Intensitätsunterschied kannte, während für den Affect vielmehr die Rückwirkung des Gefühls auf den Verlauf der Vorstellungen das wesentliche ist. HERBART sieht dagegen einseitig in diesem letzteren allein schon den ganzen Affect, setzt also denselben, ebenso wie das Gefühl, in eine formale Beziehung zwischen den Vorstellungen, während doch erst das Verhältniss zum appercipirenden Bewusstsein die ganze qualitative Mannigfaltigkeit der Gefühle und Affecte erklärt. Was die letzteren betrifft, so ist endlich nicht zu übersehen, dass sich uns das Gefühl und seine Rückwir-

[1] L. GEORGE, Lehrbuch der Psychologie S. 136 f.
[2] WOLFF, psychol. empir. §. 603.
[3] Ebend. §. 509 seq. Vergl. a. oben S. 13.
[4] KANT, Anthropologie, a. a. O. S. 170 f.
[5] HERBART, Psychologie als Wissenschaft §. 106. Werke Bd. 6 S. 97 f.

kung auf den Verlauf der Vorstellungen immer als ein zusammenhängender Vorgang zu erkennen gibt, daher diejenigen Affecte, welche die practische Psychologie unterscheidet, ihre Bezeichnung hauptsächlich den zu Grunde liegenden Gefühlen verdanken.

Das Begehren besteht nach HERBART in dem Aufstreben einer Vorstellung gegen die ihr widerstreitenden Gegensätze oder auch in ihrem Widerstreben gegen solche [1]). Hier fällt, wie mir scheint, das Ungenügende der HERBART-schen Apperceptionstheorie besonders deutlich in die Augen. Es kann vorkommen, dass sich eine Vorstellung aus irgend einer Ursache, z. B. weil sie uns einen tiefen Eindruck gemacht hat, immer und immer wieder in den Vordergrund des Bewusstseins drängt. Einen solchen Zustand nennen wir aber noch lange kein Begehren. Zu diesem ist vielmehr erforderlich, dass unsere Apperception von sich aus unter dem Einfluss irgend einer physiologischen oder psychischen Reizung die Vorstellung oder eine auf Realisirung derselben gerichtete Bewegung zu erzeugen strebe. Diesem Gesichtspunkte fügen sich auch jene angeborenen Triebe, deren Zusammengehörigkeit mit den Begierden augenfällig ist, und die sich doch unmöglich auf anstrebende Vorstellungen zurückführen lassen, da solche bei der ersten Regung des Triebes eben noch gar nicht existiren. Die Theorieen über die thierischen Instincte [2]) leiden, wie oben schon kurz angedeutet wurde, sämmtlich an dem Uebelstand, dass die wahre psychologische Wurzel dieser Erscheinungen verkannt wurde. Das Unbefriedigende derselben ist daher auch schon mehrfach hervorgehoben worden. DARWIN hat in dem Princip der Vererbung zwar einen wichtigen und fruchtbaren Gesichtspunkt aufgestellt: die ursprüngliche Natur des Instincts ist aber damit nicht aufgeklärt. Diese liegt, wie wir gesehen haben, durchaus in dem Begehren, das auch die mannigfachen Aeusserungen der Intelligenz, welche bei den Instincthandlungen mitwirken, in seine Dienste nimmt.

---

[1]) HERBART a. a. O. §. 104, S. 73 f.

[2]) Vergl. hierüber REIMARUS, allgemeine Betrachtungen über die Triebe S. 212. FLOURENS, de l'instinct et de l'intelligence p. 15. AUTENRIETH, Ansichten über Natur- und Seelenleben S. 169 f. LOTZE, WAGNER's Handwörterb. der Physiol. II S. 191 f.

Fünfter Abschnitt.

Von den Bewegungen.

Einundzwanzigstes Capitel.

Reflex- und Willkürbewegungen.

Der innere Zustand eines lebenden Wesens gibt sich dem ausserhalb stehenden Beobachter einzig und allein in den Bewegungen zu erkennen. Nur die Selbstbeobachtung vermag neben dieser äusseren Folgeerscheinung gleichzeitig ihre inneren Ursachen aufzufassen. Doch gilt auch dies nur für einen Theil der eigenen Bewegungen. Viele derselben geschehen ohne Bewusstsein. Die meisten sind uns wenigstens in Bezug auf ihren Verlauf unbekannt; wir sind uns nur im allgemeinen des Zieles bewusst, welchem die Bewegung zustrebt. Wo nun innere Ursachen durch die Selbstbeobachtung zu erfassen sind, da führen dieselben am häufigsten auf Affecte und Triebe zurück. Diese Zustände sind aber, wenn auch in schwachen Graden, wahrscheinlich immer in uns wirksam[1]. Es ist daher zu vermuthen, dass auch die im gewöhnlichen Sinne affectlosen Bewegungen aus solchen leise anklingenden Gemüthsbewegungen entspringen. Als nächste Quelle der äussern erscheint so die innere Bewegung.

Diejenigen Bewegungen aus innerem Antriebe, deren Ursprung mehr oder weniger deutlich von der Selbstbeobachtung erfasst werden kann, gehen ohne bestimmte Grenze in jene anderen über, die ohne unser Wissen entstehen und ablaufen. Diese nahe Beziehung der bewussten und der unbewussten Bewegungen verräth sich hauptsächlich in zwei Erscheinungen. Zunächst ist uns fast immer nur ein kleiner Theil eines bewussten Bewegungsactes wirklich bewusst. In seltenen Fällen nur verfolgen wir den Verlauf einer Bewegung von Anfang bis zu Ende mit Aufmerksamkeit.

---

[1]) Siehe oben S. 804.

Die Regel ist es durchaus, dass wir nur im allgemeinen das Ziel im Auge haben, die Ausführung im einzelnen aber einem angeborenen oder eingeübten Mechanismus überlassen. Ferner können Bewegungen, denen ursprünglich eine bewusste Absicht zu Grunde lag, nach häufiger Wiederholung auch ohne solche, vollkommen unbewusst ausgeführt werden. Ein grosser Theil der Bewegungen bei unsern täglichen Beschäftigungen gehört hierher. Meistens geht dabei allerdings noch der erste Anstoss von unserm Willen aus; zuweilen können wir aber auch einen ganzen Bewegungsact oder sogar eine Reihe zusammengesetzter Bewegungen von Anfang bis zu Ende ohne Bewusstsein vollbringen, um erst dann, manchmal mit Ueberraschung, den Effect wahrzunehmen. Ueberdies sind beide Bewegungen in ihrer ganzen Erscheinungsweise einander nahe verwandt. Das beste Document hierfür ist die Thatsache, dass noch jetzt die Bewegungen enthaupteter oder sonst an ihren Centralorganen verstümmelter Thiere von vielen Physiologen für bewusste und von andern für unbewusste gehalten werden. Das Uebereinstimmende dieser Bewegungen, das dem ausserhalb stehenden Beobachter die Frage so schwer macht, liegt darin, dass sie nicht nur auf gewisse Zwecke gerichtet sind, sondern dass auch eine deutliche Anpassung an äussere Verhältnissse stattfindet, indem Hindernisse umgangen und unter verschiedenen Bewegungen anscheinend diejenigen gewählt werden, die unter den zufällig gegebenen Bedingungen dem Zweck am besten entsprechen. Trotzdem kann man unmöglich alle Bewegungen der Thiere, welche zweckmässig und mit Anpassung geschehen, als bewusste Handlungen auffassen. Denn erstens beobachten wir bei uns selber Bewegungen, die den nämlichen Charakter an sich tragen, ohne stattfindendes Bewusstsein, und zweitens fehlen bei jenen Bewegungen der Thiere sehr häufig andere Erscheinungen, die wir als wesentliche Kennzeichen des Bewusstseins betrachten müssen.

Hiernach bleiben zwei Vorstellungen über die Natur der in Rede stehenden Bewegungen möglich. Man kann dieselben entweder als unbewusste psychische Acte ansehen, ausgehend von unbewussten Empfindungen und Wahrnehmungen oder gar von unbewussten Willensantrieben. Oder man kann sie als rein mechanische Erfolge der in der Organisation und den physiologischen Eigenschaften des Nervensystems gegebenen Bedingungen betrachten. Die erste dieser Vorstellungen führt zu den unwahrscheinlichsten Folgerungen. Eine unbewusste Seele dieser Art müsste zunächst alle Eigenschaften besitzen, die wir dem Bewusstsein beilegen, deutliche Vorstellungen von dem Ort und der Richtung der Objecte, Association der gegenwärtigen Eindrücke mit früheren Vorstellungen. Noch mehr, ihr müsste unter Umständen ein Maass von Einsicht und Ueberlegung zugeschrieben werden, wie es der bewussten keineswegs zu Gebote steht.

Denn bei unsern willkürlichen Handlungen machen wir überall von eingeübten Bewegungen Gebrauch, über die wir uns im Moment der Ausführung nicht die geringste Rechenschaft geben. Will man alle diese Dinge auf ein unbewusstes geistiges Geschehen zurückführen, so kann man dabei doch des Mechanismus, der zusammenhängende Bewegungen in der bestimmten Form möglich macht, nicht im geringsten entbehren. Wohl aber wird, sobald man einmal diesen Mechanismus statuirt hat, jene unbewusste Seele eine überflüssige und nichtssagende Zuthat. Auch widerspricht weder die Zweckmässigkeit der Bewegungen noch ihre Anpassungsfähigkeit an äussere Bedingungen einer Ableitung aus mechanischen Ursachen. Jede Maschine ist zur Ausführung zweckmässiger Bewegungen geschickt und kann nöthigenfalls durch Vorrichtungen der Selbstregulirung innerhalb gewisser Grenzen veränderten Bedingungen ihrer Wirksamkeit angepasst werden. Es ist zwar zuzugeben, dass die Selbstregulirungen, welche vorausgesetzt werden müssen, um die mannigfachen Modificationen bewusstloser thierischer Bewegungen zu erklären, theilweise ausserordentlich verwickelter Art sind. Aber wo ist, wenn man einmal das Princip des Mechanismus zulässt, die Grenze, von der an die thierische Maschine nicht mehr zureicht? Alle Versuche, eine solche Grenze festzustellen, führen zu willkürlichen Scheidungen. Es bleibt nur übrig, entweder in dem einfachsten Reflexvorgang schon ein Minimum von Bewusstsein und Willen anzuerkennen, was zu einer blossen Fiction dieser Begriffe führt; oder man muss alle Bewegungen, bei denen ein Bewusstsein nach der erfahrungsmässigen Bestimmung dieses Begriffes nicht nachweisbar ist, als vollständig vorgebildet in der physiologischen Organisation des Nervensystems ansehen. Nun sehen wir aber, dass auch bei den bewussten Handlungen keineswegs der Ablauf der Bewegungen bekannt ist, sondern dass entweder die Bewegung überhaupt erst nach ihrem Ablauf, oder dass nur im allgemeinen das Ziel derselben bewusst wird, während die Ausführung selbst durchaus dem nämlichen Mechanismus überlassen bleibt, welcher sich bei den unbewussten Bewegungen wirksam erweist. Will man also bestimmen, wo der Mechanismus aufhört, und wo der Wille anfängt, so ist die Frage überhaupt falsch gestellt. Denn man setzt hier Begriffe einander gegenüber, die gar keine Gegensätze sind. Vorgebildet in den mechanischen Bedingungen des Nervensystems sind alle Bewegungen. Alle setzen ein Ineinandergreifen von Processen voraus, bei denen durch mannigfache Selbstregulirungen eine weitgehende Anpassung an die äusseren Bedingungen der Bewegung stattfindet. Der Mechanismus dieser Selbstregulirungen ist uns verhältnissmässig am klarsten in jenen Fällen vor Augen gelegt, wo sich die einzelnen Nervencentren, durch deren wechselseitige Einwirkung die Regulation erfolgt, in räumlich getrennten

Organen befinden, wie bei der früher besprochenen Selbststeuerung der Athmung, der Herz- und Gefässinnervation u. s. w.[1]). Viel unvollkommener ist natürlich unsere Einsicht, wenn alle Vorrichtungen in einem einzigen Centralorgane vereinigt sind, wie dies bei allen Bewegungen stattfindet, die in höherem Grade dem Einfluss des Willens unterliegen. Hier werden wir uns dann in einzelnen Fällen einer inneren Erregung bewusst, die wir nun als die unmittelbare innere Ursache der äusseren Bewegung auffassen. Darum erfolgt jedoch diese nicht minder gemäss den Gesetzen des physiologischen Mechanismus. Hiernach haben wir zunächst alle Bewegungen aus innerm Antrieb in ihrer Abhängigkeit von den physiologischen Bedingungen des Nervensystems zu betrachten, und dann erst zu fragen, welche Kennzeichen denjenigen Bewegungen speciell zukommen, bei denen zugleich innere, psychologische Ursachen entweder der Selbstbeobachtung unmittelbar zugänglich sind oder aber durch die äussere Beobachtung wahrscheinlich werden.

Die einfachsten mechanischen Bedingungen sind offenbar bei der einfachen Reflexbewegung gegeben, welche bei Thieren an den Rückenmarksreflexen nach Entfernung des Gehirns, beim Menschen zuweilen im Schlafe zu beobachten ist. Sehr oft hat dieser Reflex nicht einmal das Hauptkennzeichen der Zweckmässigkeit, welches allgemein den Bewegungen aus innerem Antrieb zukommt. Der einwirkende Reiz hat eine auf den gereizten Körpertheil beschränkte oder weiter verbreitete Zuckung zur Folge, welche auf kein bestimmtes Ziel gerichtet ist. Die schwächsten und die stärksten Reflexe pflegen diesen zwecklosen Charakter an sich zu tragen. So reagirt z. B. ein enthauptetes Thier auf Berührung in der Regel durch eine beschränkte, meist erfolglose Zuckung. Bei sehr gesteigerter Reizbarkeit des Rückenmarks aber, z. B. nach Strychninvergiftung, verfällt es nach jedem Reiz in allgemeine Krämpfe. Auch in den auf S. 116 angeführten Gesetzen der Reflexleitung kommen offenbar nur die mechanischen Bedingungen der Fortpflanzung des Reizes zum Ausdruck.

Anders gestalten sich die Erscheinungen meistens bei Reflexbewegungen von mittlerer Stärke. Ein enthaupteter Frosch bewegt das Bein gegen die Pincette, mit der man ihn reizt, oder er wischt den Tropfen Säure, den man auf seine Haut bringt, mit dem Fusse ab. Einer mechanischen oder elektrischen Reizung sucht er sich zuweilen durch einen Sprung zu entziehen. In eine ungewöhnliche Lage gebracht, z. B. auf den Rücken gelegt, kehrt er wohl auch in seine vorherige Körperlage zurück. Hier führt

[1]) Cap. V, S. 176 f.

also der Reiz nicht bloss im allgemeinen eine Bewegung herbei, die sich mit zunehmender Reizstärke und wachsender Reizbarkeit von dem gereizten Körpertheil ausbreitet, sondern die Bewegung ist angepasst dem äusseren Eindruck. Im einen Fall ist sie eine Abwehrbewegung, in einem zweiten ist sie auf Beseitigung des Reizes, in einem dritten auf Entfernung des Körpers aus dem Bereich des Reizes, in einem vierten endlich auf Wiederherstellung der vorigen Körperlage gerichtet. Noch deutlicher tritt diese zweckmässige Anpassung an den Reiz in den namentlich von Pflüger und Auerbach ausgedachten Versuchen hervor, in denen man die gewöhnlichen Bedingungen der Bewegung irgendwie abändert. Ein Frosch z. B., dem auf der Seite, auf welcher er mit Säure gereizt wird, das Bein abgeschnitten wurde, macht zuerst einige fruchtlose Versuche mit dem amputirten Stumpf, wählt dann aber ziemlich regelmässig das andere Bein, welches beim unverstümmelten Thier in Ruhe zu bleiben pflegt[1]). Befestigt man den geköpften Frosch auf dem Rücken und benetzt die innere Seite des einen Schenkels mit Säure, so sucht er die letztere zu entfernen, indem er die beiden Schenkel an einander reibt; zieht man nun aber den bewegten Schenkel weit vom andern ab, so streckt er diesen nach einigen vergeblichen Bewegungen plötzlich herüber und erreicht ziemlich sicher den Punkt, welcher gereizt wurde[2]). Zerbricht man endlich geköpften Fröschen die Oberschenkel und ätzt man, während sie sich in der Bauchlage befinden, die Kreuzgegend, so treffen sie trotz dieses störenden Eingriffs mit den Füssen der zerbrochenen Gliedmassen die geätzte Stelle[3]).

Diese Beobachtungen, die noch mannigfach variirt werden können, zeigen, dass das seines ganzen Gehirns beraubte Thier seine Bewegungen den veränderten Bedingungen in einer Weise anpassen kann, die, wenn Bewusstsein und Wille dabei im Spiele sein sollten, offenbar eine vollständige Kenntniss der Lage des ganzen Körpers und seiner einzelnen Theile voraussetzen würde. Das Thier, welches die Abwehrbewegung ausführt, müsste genau die gereizte Stelle erkennen und den Umfang der ausgeführten Bewegung ermessen; der Frosch, dessen Bein man gewaltsam abducirt hat, müsste von der Lage desselben eine richtige Vorstellung besitzen. Eine so umfangreiche Kenntniss seiner eigenen Körperzustände können wir nun dem enthaupteten Thier aus zwei Gründen nicht zuschreiben. Erstens besitzt der Mensch selbst, wenn er sich bei hellstem Bewusstsein befindet und vollständig Herr seines Willens ist, dieselbe kaum in der hier vorausgesetzten Weise. Wenn wir irgendwo einen Schmerz fühlen und nun mit Absicht die schmerzende Stelle berühren, so ist keines-

[1]) Pflüger, die sensorischen Functionen des Rückenmarks S. 125.
[2]) Auerbach in Gunsburg's Zeitschr. f. klin. Med. IV, S. 487.
[3]) Goltz, die Functionen der Nervencentren des Frosches S. 116.

wegs erforderlich, dass wir uns zuvor ein genaues Bild derselben gemacht haben. Der Wille für sich genügt, um fast mit absoluter Sicherheit den schmerzenden Punkt zu treffen; über das genauere Lageverhältniss desselben geben wir uns aber vielleicht gar nicht, vielleicht erst nachträglich Rechenschaft, indem wir ihn durch eigenes Befühlen und Besehen näher bestimmen. Der willkürliche Gebrauch unserer Bewegungsorgane und die bewusste Reaction auf äussere Reize würden ausnehmend erschwert sein, wenn wir in jedem einzelnen Fall von dem Maasse der auszuführenden Bewegungen und von dem Orte der Empfindung eine klare Vorstellung haben müssten. Eine dunkle Vorstellung reicht aber, wenn man den ganzen Vorgang psychologisch erklären will, nicht aus, denn sie würde die genaue Anpassung der willkürlichen Bewegung an den äusseren Eindruck nicht erklären. Also bleibt nur übrig anzunehmen, dass der Wille einen sicher arbeitenden Mechanismus benützt, dem er nur den ersten Impuls zu geben braucht, um eine genaue Befolgung seiner Befehle mit Berücksichtigung aller obwaltenden Umstände erwarten zu dürfen. Der erste und Hauptgrund, wesshalb jene zweckmässigen und den äusseren Bedingungen angepassten Reflexe enthaupteter Thiere nicht Ausflüsse eines Bewusstseins sein können, ist also der, dass bei den bewussten Handlungen selbst gerade jene genaue Anpassung an die äusseren Bedingungen nur aus vorgebildeten Einrichtungen des physiologischen Mechanismus erklärt werden kann. Von dieser Seite fällt daher jedes Motiv weg, jenen Reflexen irgend einen Grad von Bewusstsein oder überhaupt von psychischer Thätigkeit im gewöhnlichen Sinne unterzuschieben. Wie der Wille nur ein innerer Reiz ist, der, nachdem er den ersten Anstoss zur Bewegung gegeben, den weiteren Ablauf der Selbstregulirung des physiologischen Mechanismus überlässt, so wird, wenn der letztere durch irgend einen äusseren Reiz ausgelöst wird, natürlich eine ähnliche Anpassung an die äusseren Umstände stattfinden, ohne dass eine bewusste Empfindung des Reizes hierzu erforderlich wäre.

Zweitens fehlt dann aber auch in dem Verhalten des enthaupteten Thieres das wesentlichste Kennzeichen, welches uns auf das Vorhandensein von Bewusstsein könnte schliessen lassen: nämlich irgend ein Merkmal, aus dem ein Fortwirken vorausgegangener Erregungen hervorgienge. Keine einzige Bewegung erfolgt spontan. Ist die mehr oder weniger zweckmässige Abwehrbewegung vollendet, so verharrt das Thier Stunden lang in der vollkommensten Ruhe, bis es etwa wieder durch einen neuen Reiz zu neuen Bewegungen gezwungen wird. In der Seele eines solchen Thieres können also die Eindrücke die Zeit ihrer Einwirkung nicht merklich überdauern. Momentane Empfindungen ohne Zusammenhang können aber kein Bewusstsein bilden, da sich das letztere gerade als ein durchgängiger

Zusammenhang innerer Zustände darstellt. Die inneren Zustände eines Wesens, das einen Reiz mit einer augenblicklichen Bewegung beantwortet, ohne weitere Folgewirkung, kann man im Grunde mit nicht mehr Recht Empfindungen oder gar Vorstellungen nennen, als die innern Zustände aller Materie. Es gibt nur einen einzigen Fall, wo der innere Zustand zur Empfindung wird: dieser ist eben dort verwirklicht, wo die zeitlich getrennten Empfindungen in einen Zusammenhang treten. Nur in einer Beziehung könnten die Bewegungen enthaupteter Thiere auf die Ausbildung eines gewissen niederen Grades von Bewusstsein bezogen werden. Man sieht nämlich, dass dieselben bei häufiger Einwirkung des nämlichen Reizes sich allmälig vervollkommnen. Der amputirte Frosch, nachdem er einmal das Bein der andern Seite zur Entfernung der ätzenden Substanz gebraucht hat, macht in künftigen Fällen leichter die nämliche Bewegung wieder. Eine gewisse Einübung kann also hier augenscheinlich stattfinden. Es ist freilich nicht nothwendig, dass eine solche auf Erinnerung beruht. Dass öfter ausgeführte Bewegungen bei neuen Anlässen mit immer grösserer Sicherheit geschehen, liegt ja in den mechanischen Bedingungen des Nervensystems begründet. Anderseits lässt sich aber allerdings nicht unbedingt bestreiten, dass dabei eine dunkle Erinnerung nebenher gehen mag. Wir haben daher auch schon früher[1]) die Möglichkeit offen gelassen, in einem solchen Rest eines Nervensystems dürfte allmälig ein niederer Grad von Bewusstsein sich ausbilden. Sicher ist übrigens nach der Beobachtung, dass ein solches Bewusstsein, falls es existirt, höchstens durch kurze Zeiträume getrennte Empfindungen mit einander verbindet, und dass in ihm keine spontane Reproduction früherer Eindrücke stattfindet, welche zu Bewegungen führen würde, die ohne directe Anregung durch äussere Reize entstehen können.

Diesen Mangel an jedem Bewusstsein, das eine Mehrheit zeitlich getrennter Empfindungen verbände, bezeugt nun auch das ganze Verhalten der enthaupteten Thiere. Lässt man bei den Versuchen, bei welchen der Ausführung einer bestimmten Bewegung absichtlich Hindernisse entgegengestellt sind, eine längere Zeit zwischen der Einwirkung der Reize verfliessen, so sieht man immer wieder die nämlichen fruchtlosen Anstrengungen der endlich gelingenden richtigen Bewegung vorangehen, und in vielen Fällen kommt diese gar nicht zu Stande. Hier ist also auch der mechanisch erleichternde Einfluss der Uebung schon wieder verloren gegangen. Schlagender noch ist der folgende von GOLTZ ausgeführte Versuch[2]). Ein enthaupteter und ein geblendeter Frosch werden in ein Gefäss gesetzt,

1) Cap. XVIII, S. 714.

2) GOLTZ, Königsberger med. Jahrbücher II, S. 218. Functionen der Nervencentren des Frosches S. 127.

dessen Boden mit Wasser bedeckt ist, und das man dann allmälig von aussen erhitzt. Ist die Temperatur auf 25° C. gestiegen, so wird der behirnte Frosch unruhig, er beginnt schneller zu athmen und sucht zuletzt durch verzweifelte Sprünge dem heissen Bad zu entrinnen, bis er, bei etwa 42°, unter heftigen Schmerzäusserungen und tetanischen Krämpfen verendet. Indessen bleibt der enthauptete Frosch regungslos sitzen, bis endlich die Wärmestarre der Muskeln und der Tod eintritt. Wirft man einen zweiten Frosch, dessen Gehirn entfernt worden ist, plötzlich in das erhitzte Wasser, so verfällt er alsbald in heftige Krämpfe und stirbt so ähnlich dem unverstümmelten Thiere. Dieser Versuch zeigt sehr deutlich, wie der Mechanismus des Rückenmarks gemäss dem allgemeinen Gesetz der Nervenerregung nur auf solche Reize reagirt, die mit einer gewissen Geschwindigkeit einwirken, während ein allmälig anwachsender Reiz völlig wirkungslos bleibt. Bei dem hirnlosen Thier kommt nur dieses Gesetz der Nervenerregung zur Erscheinung. Nichts deutet darauf hin, dass in ihm ein Bewusstsein die allmälige Steigerung des Reizes wahrzunehmen, d. h. die momentane Empfindung in ihrem Verhältniss zu den vorangegangenen Empfindungen aufzufassen vermöge.

Verwickeltere Bewegungen erfolgen auf die Einwirkung äusserer Reize, wenn die Grosshirnlappen entfernt, aber die Hirnganglien, Vier-, Seh- und Streifenhügel, ganz oder theilweise erhalten geblieben sind. Wir haben die physiologische Bedeutung dieser Gebilde, wie sie sich theils aus dem Verhalten der Leitungsbahnen in denselben, theils aus den Erscheinungen nach ihrer Durchschneidung oder Ausrottung ergeben, im ersten Abschnitte schon besprochen [1]). Dort sind wir zu dem Ergebnisse gelangt, dass die Vier- und Sehhügel complicirte Reflexcentren darstellen, indem in den ersteren die auf das Auge, in den letzteren die auf das Tastorgan wirkenden Eindrücke zusammengesetzte Bewegungen auslösen. Die Ganglien des Hirnschenkelfusses dagegen konnten mit Wahrscheinlichkeit als Organe aufgefasst werden, in denen Erregungen, die von andern Centralpunkten, namentlich von der Hirnrinde aus stattfinden, in combinirte Bewegungen umgesetzt werden. Hier haben wir uns daher nur noch mit der Frage zu beschäftigen, ob und inwiefern die physiologische Function aller dieser Gebilde nebenbei etwa noch mit Empfindung und mit einem gewissen Grad von Bewusstsein verbunden sein möchte. Wollte man bloss den Maassstab der Zweckmässigkeit und der Anpassung an die Beschaffenheit der Reize an die von jenen Centraltheilen ausgehenden Bewegungen anlegen, so würde man natürlich in ihnen einen viel deutlicheren Ausdruck psychischer Functionen erkennen müssen als in den Rückenmarksreflexen. Ein Frosch,

---

[1]) Cap. V, S. 193 f.

der seine Vierhügel noch besitzt, weicht, wenn er durch einen Reiz zu Fluchtbewegungen angeregt wurde, einem in den Weg gestellten Hinderniss aus [1]. Wird die Unterlage, auf welcher das Thier sitzt, langsam gedreht, so verändert es dabei fortwährend die Lage seines Körpers in solcher Weise, dass das Gleichgewicht erhalten bleibt. Setzt man es z. B. auf die flache Hand und führt langsam eine Pronationsbewegung aus, so klettert es während derselben über die Kante der Hand hinweg und befindet sich nach Vollendung der Bewegung auf dem Handrücken [2]. Bringt man denselben Frosch in eine mit Wasser gefüllte Flasche, deren offener Hals in ein weites Wasserbecken getaucht wird, so veranlasst ihn nach einiger Zeit das eintretende Athembedürfniss, unruhig an den Wänden der Flasche umherzusuchen, bis er schliesslich den Ausgang gewinnt [3]. Selbst Kaninchen, deren Hirnlappen samt den Streifenhügeln sorgfältig abgetragen wurden, fliehen, wenn man sie reizt, bis irgend ein im Wege stehendes Hinderniss sie aufhält [4]. Alle diese Erscheinungen zeigen, dass die in den genannten Hirntheilen anlangenden Erregungen nicht, wie im allgemeinen die Rückenmarksreflexe, nach der Ausführung einer einzigen zweckmässigen und dem Eindruck mehr oder weniger angepassten Bewegung ohne weitere Nachwirkung erlöschen. Vielmehr findet in der Regel eine ganze Reihenfolge zweckmässiger Bewegungen statt, die schon aus diesem Grunde der Beschaffenheit des Eindrucks vollständiger angepasst sein müssen. Aber in allem dem liegt noch kein Grund, diese Bewegungen als etwas von den Rückenmarksreflexen wesentlich verschiedenes aufzufassen, das aus einem physiologischen Mechanismus nicht mehr erklärt werden könnte. Es findet sich hier überall nur ein Gradunterschied, der wohl begreiflich wird, wenn wir erwägen, dass einem jeden jener complicirtene Rflexcentren des Gehirns eine bestimmte Aufgabe in dem ganzen Zusammenhang der Leistungen des centralen Mechanismus zugefallen ist. Es ist zwar richtig, die Selbstregulirungen, die hierbei vorausgesetzt werden müssen, um die Anpassung an die Art der Eindrücke zu erklären, sind unendlich viel verwickelter, als sie bei irgend einer der uns bekannten Maschinen, die von Menschenhand gebaut sind, vorkommen. Aber welcher Mechaniker möchte sich anheischig machen, auch nur eine Maschine zu construiren, welche die mannigfach veränderlichen Reflexe eines enthaupteten Frosches getreu nachahmte? Wir vermögen eben hier überall nur aus den allgemeinen Eigenschaften der centralen Nervensubstanz die merkwürdige Vereinigung von mechanischer Sicherheit und anpassungsfähiger Veränderlichkeit der Be-

[1] Siehe oben S. 194.
[2] Goltz, a. a. O. S. 72.
[3] Ebend. S. 70.
[4] Siehe oben S. 202.

wegungen zu begreifen. Unsere rohen Kunsterzeugnisse werden niemals die Wirksamkeit jener Gebilde, die das vollendetste Product organischer Entwicklung sind, auch nur entfernt nachzuahmen im Stande sein. Der entscheidende Punkt bleibt hier immer die Frage: berechtigen uns irgend welche Erscheinungen anzunehmen, dass bestimmte Bewegungen nicht mehr die unmittelbaren mechanischen Erfolge vorangegangener Reize sind, und gibt es Anzeichen, welche auf eine Reproduction früher vorangegangener Eindrücke hindeuten? In dieser Beziehung verhalten sich nun zweifellos solche noch ihre Vier- und Sehhügel besitzende Thiere gar nicht anders als völlig enthauptete. Sie bleiben zwar in der Regel aufrecht sitzen oder stehen; aber die Muskelspannungen, welche zu dieser Haltung führen, lassen sich als die unmittelbaren reflectorischen Erfolge der fortwährend auf die Haut stattfindenden Eindrücke ansehen. Dagegen ist keine Spur einer Bewegung wahrzunehmen, die nicht unmittelbar auf eine äussere Reizung zurückzuführen wäre. Eine Taube, deren Hirnlappen man entfernt hat, ein Frosch, dem das Grosshirn von den Zweihügeln getrennt wurde, bleiben unverrückt Tage lang auf demselben Fleck. Nur wenn ein kleiner Theil der Hirnlappen erhalten blieb, ist nicht alle spontane Bewegung erloschen, und in solchem Fall kann sich diese sogar, vermöge der weitgehenden Vertretungen der Function, deren die einzelnen Theile der Hirnrinde fähig sind, fast vollständig wiederherstellen. Niemals aber ist bei gänzlichem Mangel des Hirnmantels und der ihn bedeckenden Rinde eine Lebensäusserung beobachtet worden, welche deutlich als eine spontane, nicht unmittelbar durch äussere Reize erweckte Bewegung zu deuten wäre [1]). Hieraus dürfen wir offenbar schliessen, dass bei einem solchen Thier eine Reproduction früher stattgehabter Empfindungen nicht mehr möglich ist; denn eine solche müsste nothwendig dann und wann auch zu entsprechenden Bewegungen führen. Damit ist aber ein zusammenhängendes Bewusstsein, welches die stattfindenden Eindrücke auf frühere Empfindungen zurückbezieht, an und für sich ausgeschlossen. Immerhin kann, ebenso wie beim Rückenmark, die Möglichkeit nicht zurückgewiesen werden, dass sich allmälig ein niederer Grad von Bewusstsein ausbilden mag, der eine Aufbewahrung der Eindrücke während einer sehr kurzen Zeit gestattet. Nur muss man festhalten, dass ein solcher auch hier zur Erklärung der Bewegungen gar nichts beiträgt. In der directen Verursachung durch einen äusseren Reiz tragen diese stets den Charakter wahrer Reflexbewegungen an sich. Sie beruhen, wie

---

[1]) Vögel, deren Hirnlappen entfernt wurden, bewegen allerdings dann und wann den Schnabel oder putzen sich die Federn. Es ist aber kaum zu zweifeln, dass solche Bewegungen in jenen Hautreizen ihren Grund haben, die auch bei dem unverstümmelten Thier die gleichen Bewegungen herbeiführen.

alle Reflexe, auf einem rein mechanischen Ablauf von Vorgängen, wobei aber durch die ausserordentliche Vollkommenheit der stattfindenden Selbstregulirungen die zweckmässige Anpassung der Bewegung an den äusseren Eindruck erzielt ist.

So bleibt als das einzige Centralgebiet, von welchem die willkürlichen Bewegungen ausgehen, die Grosshirnrinde übrig. Aber die Impulse des Willens bedienen sich zur Ausführung combinirter Bewegungen theils ohne Zweifel der nämlichen Organe, in denen auch die Auslösung complicirter Reflexe stattfindet, theils besonderer, im kleinen Gehirn und in den Ganglien des Hirnschenkelfusses gelegener Vorrichtungen. Von diesen scheinen die einen, die Gebilde des Kleinhirns, die Anpassung der Willenserregungen an die Sinneseindrücke zu vermitteln; die andern, die Ganglien des Hirnschenkelfusses, dürften der zweckmässigen Verbindung der bei gewissen combinirten Bewegungen zusammenwirkenden Leitungsbahnen bestimmt sein[1]). Diese letzteren Gebilde werden vermuthlich nur in den verhältnissmässig seltenen Fällen umgangen, wo eine isolirte Bewegung willkürlich hervorgebracht wird. Diesem unmittelbaren Einfluss des Willens auf einzelne Muskeln ist, wie wir vermuthen, die directe motorische Leitungsbahn zur Grosshirnrinde bestimmt[2]). Auch der Wille bedient sich also eines mit zahlreichen Vorrichtungen der Selbstregulirung versehenen Mechanismus. In der Regel ist es nur der erste Anstoss zum Beginn einer Bewegung und höchstens noch der Impuls, der das Aufhören derselben bewirkt, die unmittelbar vom Willen ausgehen. Nur selten greift dieser in den Ablauf derselben, der im einzelnen ganz und gar dem sicher arbeitenden physiologischen Mechanismus überlassen ist, bestimmend ein. Will ich z. B. auf einen Gegenstand zugehen, den ich in einiger Entfernung bemerke, so setzt der Impuls des Willens meine Gehwerkzeuge in Bewegung und sistirt diese wieder, wenn der Gegenstand erreicht ist. Aber was dazwischen liegt geschieht ebenso mechanisch wie die Bewegung eines seiner Grosshirnlappen beraubten Thieres, das einem äusseren Reize so lange entflieht, bis es durch ein Hinderniss aufgehalten wird.

Die Wirksamkeit des Willens äussert sich nun nicht bloss in der Hervorrufung bestimmter Bewegungen, sondern auch in der Auffassung der Sinneseindrücke und der reproducirten Vorstellungen. Wie wir willkürlich eine Bewegung ausführen, so appercipiren wir willkürlich eine Vorstellung. Dieser Punkt ist, obgleich schon Locke[3]) auf ihn hinwies, gewöhnlich in

1) Cap. V, S. 202 f.
2) Cap. IV, S. 152, 165 f.
3) Essay on human understanding. Book II, chap. 21 §. 5.

der Theorie des Willens ganz übersehen worden. In Wahrheit liegt aber den Thätigkeiten der Apperception und der Willenserregung im wesentlichen der nämliche Vorgang zu Grunde, der sich nur im einen Fall auf den inneren Process des Vorstellens beschränkt, im andern sich nach aussen wendet, um die Gemüthsbewegung in eine äussere Bewegung umzusetzen. Auch bei der Apperception folgt der Wille nicht Schritt für Schritt dem Gedankenlauf, sondern er begnügt sich insgemein, demselben seinen ersten Anstoss zu geben und dann da und dort leise regulirend in ihn einzugreifen; im übrigen verlässt er sich, wie bei der motorischen Erregung auf den Mechanismus der combinirten Bewegungen, so hier auf den Mechanismus der Association und Reproduction.

Wir empfinden in uns die Anstösse des Willens bald leiser bald lebhafter. Meist sind dieselben so schwach, dass wir uns kaum ihrer bewusst werden. Der Gedankenlauf und die Bewegungen scheinen sich von selbst zu vollziehen, ohne unser besonderes Zuthun. Höchstens in einzelnen Momenten, wo wir zwischen verschiedenen Vorstellungen schwanken oder aus mehreren Bewegungen, die sich uns als möglich darstellen, eine bestimmte auswählen, fassen wir die Thätigkeit der Apperception deutlicher als eine von uns ausgehende auf, indem wir sie von den Anregungen unterscheiden, welche die Einwirkung der äussern Sinneseindrücke und die innere Association der Vorstellungen dem Verlauf unserer Gedanken und Bewegungen darbieten.

So kommt es, dass wir uns des Willens besonders deutlich dann bewusst werden, wenn wir uns zugleich die Möglichkeit einer Wahl vorstellen. Diese psychologische Beziehung hat jene Verwechslung der beiden Begriffe zu Stande gebracht, auf welcher durchaus die gewöhnliche Auffassung des Willens beruht. Nach dieser ist jeder Willensact ein Wahlact. Der Wille soll darin bestehen, dass wir in jedem Augenblick unter den verschiedenen Handlungen, die sich als möglich darbieten, jede beliebige ausführen können. Der Wille soll also frei sein, indem er einzig und allein sich selbst bestimmt. So erscheint hier der Wille zugleich als Ursache und als Wirkung, als das Ich, das bestimmend ist und bestimmt wird. Dies führt auf jenen Begriff des freien Willens, wie Aristoteles und Kant ihn gefasst haben: jeder Willensact wird zum absoluten Anfang eines Geschehens.

Das psychologische Motiv, welches zu der gewöhnlichen Auffassung der Willensfreiheit führt, ist lediglich jene Thatsache der Wahl. In den Fällen, wo uns die Wirkung des Willens auf Vorstellen und Handeln besonders deutlich zum Bewusstsein kommt, denken wir uns entweder die Möglichkeit, wir hätten statt der wirklich appercipirten Vorstellung oder Handlung eine andere bevorzugen können, oder wir sind uns sogar eines

gewissen Schwankens bewusst, welches der wirklichen Handlung vorausgieng. Diese Selbstbeobachtungen beweisen nun aber nicht im mindesten, dass der Wille nur sich selbst bestimme oder absoluter Anfang eines Geschehens sei, also keine weitere psychologische Ursache habe. Sogar das Schwanken vor dem Eintritt der Willensentscheidung zeigt nur, dass in vielen Fällen der Wille unter der gleichzeitigen Wirkung mehrerer psychologischer Ursachen stehe, die denselben nach verschiedenen Richtungen zu ziehen streben. Wenn nicht solche Ursachen auf den Willen einwirkten, so könnte ja ein Schwanken überhaupt nicht stattfinden. Und wenn der Wille schliesslich einer Ursache nachgibt, so beweist dies, dass diese eine Ursache die stärkste Wirkung ausgeübt hat.

Der Indeterminismus leugnet nun zwar nicht, dass der Wille Motiven folge, und er gesteht so in gewissem Umfang psychologische Ursachen für denselben zu. Aber das Motiv unterscheide sich, so behauptet er, von jener zwingenden Ursache, wie sie im Naturmechanismus herrschend ist, gerade dadurch, dass sie den Willen nicht determinire. Die Motive sollen den Willen mehr oder weniger anziehen, sie sollen ihm die Wahl erschweren oder erleichtern; aber was dem einen oder andern Motiv zum Sieg verhelfe, das sei schliesslich doch nur der Wille selbst, und so bethätige sich die Freiheit desselben in der Wahl zwischen den verschiedenen Motiven, die auf ihn wirken. Aber hier begeht man den Fehler, dass man dem Begriff der psychologischen Verursachung ohne weiteres den des Motivs substituirt, eine Vertauschung, die wenigstens nach der gewöhnlichen Auffassung dieses letzteren Begriffs nicht zulässig ist. Unter Motiven pflegt man nämlich alle in einem gegebenen Fall in unserm Bewusstsein bereitliegenden äusseren Bestimmungsgründe einer Handlung zu verstehen. Wenn z. B. ein Mensch schwankt, ob er irgend eine zwar gewinnbringende, aber nicht ganz ehrenvolle Handlung begehen soll, so werden einerseits die in Aussicht stehenden Vortheile, die Annehmlichkeiten, die er sich dadurch verschaffen kann, anderseits die möglichen nachtheiligen Folgen, der Verlust an Ehre und Ansehen, endlich die sittlichen Grundsätze, die er sich errungen, als Motive wirken, zwischen denen die Entscheidung schwankt. Es ist nun vollkommen richtig, dass alle diese Motive zusammengenommen nicht die Handlung bestimmen; und wäre man im Stande, das Gewicht eines jeden solchen Motivs numerisch anzugeben, so würde sich immer noch nicht die wirkliche Willensentscheidung berechnen lassen. Denn es wäre dabei nicht in Rechnung gezogen das ganze Gewicht der durch Erziehung, Lebensschicksale und angeborene Eigenschaften ausgeprägten Persönlichkeit des Wollenden. Diese kommt zwar auch schon unter den Motiven des Willens zum Vorschein, namentlich insofern sittliche Grundsätze unter denselben begriffen werden. Aber so lange man unter den

Motiven nur diejenigen Bestimmungsgründe der Handlung versteht, deren sich der Wollende unmittelbar bewusst wird, ist jenes Gewicht der Persönlichkeit immer nur sehr bruchstückweise in den Motiven enthalten. So kommt es, dass der Willensact dem Wollenden selbst als eine That erscheint, die nicht vollständig aus den für sie gegebenen Motiven hervorgegangen ist, sondern zu der sein eigenes Ich das beste hinzugethan hat. Und diese Auffassung ist kein Irrthum. Das Thier und einigermassen auch noch der Naturmensch werden vor allem durch die unmittelbaren Eindrücke und die von ihnen geweckten Triebe in ihrem Handeln bestimmt; nur wenig werden diese einfachen Motive des Instinctes durch anerzogene Gewohnheiten verändert. Je reicher aber die geistige Entwicklung sich gestaltet, um so mehr treten die unmittelbaren äusseren Motive des Handelns gegen das Gewicht aller jener Eigenschaften zurück, welche der Wollende zu jeder Handlung als eine selbstverständliche Voraussetzung hinzufügt. Diese Eigenschaften sind es, die wir in dem Charakter des Menschen zusammenfassen. Was den menschlichen Willen vor allem und vor den äussern Motiven determinirt, ist der Charakter. Je unveränderlicher derselbe ist, und je vollständiger wir ihn kennen, um so sicherer machen wir uns anheischig vorauszusagen, wie ein Mensch, wenn bestimmte Motive des Handelns an ihn herantreten, unter denselben wählen wird. Damit gestehen wir aber auch unmittelbar zu, dass der Wille determinirt sei. Denn der Charakter birgt nur ein Summe psychologischer Ursachen in sich, über die zwar weder wir noch der Handelnde selbst vollständige Rechenschaft geben können, deren Totalwirkung wir aber instinctiv herausfühlen, wenn wir die muthmaassliche Handlungsweise eines Menschen aus seinem Charakter voraussagen. Jeder einzelne Willensact ist also durch psychologische Ursachen bestimmt. Der Indeterminismus begeht den Fehler, die im allgemeinen für den objectiven Beobachter vorhandene Möglichkeit, dass von verschiedenen Handlungen irgend eine geschehe, für eine subjective Wahlfreiheit zu nehmen, die sich in jedem einzelnen Willensacte bethätigen soll. Er hebt so den Willen vollständig heraus aus dem Zusammenhang psychologischer Ursachen. Da nun der Wille, insofern er ebensowohl in dem Wechsel der appercipirten Vorstellungen wie in der spontanen Bewegung sich bethätigt, alles was in unserm Bewusstsein geschieht lenkt und bestimmt, so wird damit überhaupt das Bewusstsein und mit ihm das ganze Gebiet innerer Beobachtung als ein zufälliges Geschehen hingestellt, bei welchem jede Thatsache als eine Causa sui zu betrachten ist.

Diese Ansicht würde, wenn sie richtig wäre, jede Gesetzmässigkeit in den willkürlichen Handlungen eines Vereins menschlicher Individuen ausschliessen. Die Thatsache, welche die Moralstatistik erweist, dass bei einem gegebenen Zustande einer Bevölkerung die jährliche Zahl von Heirathen,

Selbstmorden, Verbrechen u. s. w. constant bleibt, ist also mit dem Indeterminismus unvereinbar[1]. Es wäre freilich verkehrt, wenn man aus dieser Thatsache folgern wollte, jeder einzelne Mensch sei zu den Handlungen, die er begeht, durch ein Schicksal, dem er nicht entrinnen kann, gezwungen. Der Fatalismus, welcher dieser Anschauung huldigt, leugnet die Thatsache des Willens, während der Indeterminismus dessen psychologische Causalität negirt. Die erste Voraussetzung, die aber gemacht werden muss, wenn man überhaupt über die Gründe des Willens sich Rechenschaft geben will, ist die Existenz desselben. Die Moralstatistik zeigt nun, dass in einem bestimmten Zustand einer grössern Gesellschaft von Menschen sowohl die äusseren Motive wie die innern Bestimmungsgründe des Charakters durchschnittlich in constanter Grösse fortwirken. Der einzelne Mensch ist darum ebenso wenig einem Zwang unterworfen, wie in einer Bevölkerung, deren durchschnittliches Lebensalter 30 Jahre beträgt, jeder Dreissigjährige zum Sterben genöthigt ist. Im einzelnen Fall können die innern Bestimmungsgründe des Handelns von dem äussern Zuschauer sowohl wie von dem Handelnden selbst nie vollständig erfasst werden, denn sie verlieren sich in der Totalität der Gründe des Seins und Geschehens. Ebendarum ist der Mensch praktisch frei, und alle Folgerungen, die in praktischer Hinsicht aus der Willensfreiheit gezogen werden können, bleiben bestehen. Jeder Einzelne ist verantwortlich für seine Handlungen. Der Staat ist berechtigt sich gegen das Verbrechen zu schützen und verpflichtet den Verbrecher wo möglich zu bessern. Die Moralstatistik, welche den Indeterminismus widerlegt, unterstützt selbst durch ihre Resultate dieses praktische Streben der Gesellschaft nach ihrer eigenen Vervollkommnung. Denn sie zeigt, dass der öffentliche Rechtszustand auf die Zahl der unsittlichen Handlungen von Einfluss ist[2].

Für die psychologische Unterscheidung der Willkür- von den Reflexbewegungen liegt nach allem diesem der entscheidende Punkt nicht darin, dass die letzteren aus einem ursächlichen Zusammenhange folgen, dessen die ersteren entbehrten. Vielmehr erscheint nur die Art der Causalität hier und dort als eine verschiedene. Während der Reflex lediglich auf dem physiologischen Mechanismus beruht, geht der Wille aus innern, psychologischen Bestimmungsgründen hervor. Dabei bedient sich freilich dieser theils der nämlichen theils ähnlicher mechanischer Vorrichtungen, wie sie bei dem Reflexe wirksam werden. Anderseits bleibt bei dem letzteren das Bewusstsein nicht nothwendig unbetheiligt. Wir können einen

---

[1] Vergl. Wappaeus, allgemeine Bevölkerungstatistik. Bd. 2. Leipzig 1861. S. 215 f. Adolph Wagner, die Gesetzmässigkeit der scheinbar willkürlichen menschlichen Handlungen vom Standpunkte der Statistik. Hamburg 1864.

[2] Wappaeus a. a. O. S. 443 f.

äusseren Eindruck empfinden und gleichzeitig auf denselben durch eine Reflexbewegung reagiren. Einzig und allein darin liegt der Unterschied, dass uns diese Bewegung nicht als eine solche bewusst ist, die aus innern Bestimmungsgründen hervorgeht. In diesem Ursprung der Willensbewegung aus innern, psychologischen Ursachen liegt aber nicht der mindeste Beweis, dass sie nicht zugleich Ausfluss des physiologischen Mechanismus sei. Denn psychologische und mechanische Causalität bilden keinen Gegensatz und schliessen sich nicht aus. Eine Handlung kann aus innern, der Selbstbeobachtung gegebenen Gründen entspringen, und kann doch zugleich durch den Naturmechanismus determinirt sein. Die Wahrnehmung innerer Bestimmungsgründe ist etwas, das zum Ablauf des Geschehens hinzukommt. Warum sollte dieses hinzukommende die äussere Gesetzmässigkeit des Geschehens aufheben oder verändern? In praktischer Beziehung wird aber an der Thatsache der Willensfreiheit selbstverständlich nichts geändert, wenn der Wille, ausser unter die psychologische, auch noch unter die mechanische Causalität fällt. Denn auch hier ist damit nur ein allgemeines Postulat ausgedrückt. Die einzelne willkürliche Handlung würde nur demjenigen als wirklich determinirt erscheinen, dem der ganze Naturmechanismus offenbar wäre.

Die Willenserregung fällt zusammen mit der Thätigkeit der Apperception. Die Apperception aber wird durch Ursachen bestimmt, deren wir immer nur einen kleinen Theil zu überschauen vermögen. Theils äussere Eindrücke theils reproducirte Vorstellungen, die nach den Gesetzen der Association im Bewusstsein wachgerufen sind, lenken unsere Aufmerksamkeit hierhin und dorthin und verursachen so den Verlauf der Vorstellungen und den Wechsel der willkürlichen Bewegungen. Indem diese letzteren nicht unmittelbar durch äussere Reize sondern im allgemeinen erst durch die psychische Reizung, welche reproducirte Vorstellungen ausüben, geweckt werden, entsteht die charakteristische Eigenschaft der spontanen Bewegung, dass sie ohne eine directe äussere Ursache entsteht, aus Motiven, die bloss der Selbstauffassung des handelnden Wesens zugänglich sind. Darum ist für den ausserhalb stehenden Beobachter die spontane Bewegung hinwiederum das einzige Merkmal, aus welchem er auf das Vorhandensein sowohl von Willen wie von Bewusstsein zurückschliessen kann. Aber in allem dem liegt kein Beweis gegen das Walten des Naturmechanismus auch in diesen höchsten Aeusserungen des Lebens. Die Association und Reproduction der Vorstellungen geschieht gemäss den allgemeinen Gesetzen der physiologischen Nervenmechanik. Indem so die inneren psychischen Reize ebenso wie die äusseren Sinnesreize eingeschlossen sind im Zusammenhang der Naturwirkungen, müssen auch die Aeusserungen, die sich aus ihnen entwickeln, der willkürliche Gedankenlauf und das will-

kürliche Handeln, in den physiologischen Vorgängen, den Nervenerregungen und Muskelspannungen, von denen sie begleitet sind, der Kette der Naturwirkungen zugehören. Wieder ist dies freilich nur eine allgemeine Forderung. Denn die Apperception ist nicht bloss von den jeweils im Bewusstsein vorhandenen Vorstellungen sondern von allen dem Denkenden und Handelnden selbst für immer unüberschaubaren Vorbedingungen abhängig, unter denen sich das individuelle Bewusstsein befindet.

Seit durch PROCHASKA und J. MÜLLER[1]) die Grundgesetze der Reflexe festgestellt sind, wurden in der Regel Reflex- und Willkürbewegungen streng auseinander gehalten. Die ersteren betrachtete man als die rein mechanischen Effecte der durch einen äusseren Reiz im Centralorgan erweckten Vorgänge, die letzteren als Erscheinungen, die in ihrem ganzen Verlauf durch die Impulse des Willens beherrscht würden[2]). Auf die merkwürdige Anpassung der Reflexbewegungen an die Einwirkungsart der Reize hat hauptsächlich PFLÜGER aufmerksam gemacht und aus seinen Versuchen den Schluss gezogen, dass ein niederer Grad von Bewusstsein und Willen auch noch im Rückenmark nach der Entfernung des Gehirns zurückbleibe[3]). Mehrere Physiologen schlossen sich ihm an, von andern wurde die Auffassung vertreten, dass es auch hier nur um complicirtere mechanische Wirkungen sich handle. LOTZE, der dieser letzteren Auffassung zuneigte, suchte gewisse Bewegungen auf die mechanischen Nachwirkungen der Intelligenz zurückzuführen, auf die Einflüsse der Uebung und Gewöhnung hinweisend[4]). Dass aber diese Erklärung mindestens nicht für alle Erscheinungen zureicht, hat schon GOLTZ hervorgehoben und durch verschiedene Versuche erläutert[5]). Er nahm daher, ähnlich wie es SCHIFF[6]) bereits früher gethan, umfangreiche Selbstregulirungen bei den Reactionen des Rückenmarks an und suchte dies durch die Verschiedenheiten in dem Verhalten enthaupteter und bloss geblendeter Frösche zu stützen. Bei solchen Thieren dagegen, denen bloss die Grosshirnhemisphären genommen sind, glaubte auch GOLTZ einen gewissen Grad psychischer Functionen zugeben zu müssen, indem er den Grundsatz aufstellte, überall wo die Bewegungen so verwickelter Natur seien, dass man sich eine Maschine, welche dieselben ausführe, nicht mehr vorstellen könne, sei das Vorhandensein von Seelenvermögen anzuerkennen[7]). Aber es scheint mir zweifelhaft, ob ein Mechanismus, wie er den Rückenmarksreflexen zu Grunde liegt, uns nicht auch sehr schwer vorstellbar ist. Jedenfalls kann hier nirgends eine scharfe Grenze gezogen werden, während eine solche deutlich zu bemerken ist, sobald spontane, d. h. nicht aus äusseren Reizen sondern aus reproducirten Vorstellungen entspringende Bewegungen auftreten. Dies geschieht aber nur dann, wenn mindestens ein Theil der Grosshirnlappen erhalten blieb. In dem Vorhandensein eines sogenannten Anpassungsvermögens

---

1) MÜLLER, Handbuch der Physiologie. I. 4te Aufl. S. 608.
2) VOLKMANN, Art. Gehirn in WAGNER's Handwörterbuch I S. 574. J. MÜLLER a. a. O. S. 621.
3) PFLÜGER, die sensorischen Functionen des Rückenmarks S. 46, 114 f.
4) LOTZE, Göttinger gelehrte Anzeigen. 1853. S. 1748 f.
5) GOLTZ, Functionen der Nervencentren des Frosches S. 82 f.
6) Lehrbuch der Physiologie I S. 214 f.
7) a. a. O. S. 113.

liegt, wie ich glaube, ebensowenig wie in der Zweckmässigkeit der Bewegungen ein Grund für die Existenz von Bewusstsein. Denn Anpassungsvermögen besitzt das Rückenmark oder irgend eine künstliche, mit Regulirungsvorrichtungen versehene Maschine auch, und Gradunterschiede können hier keine wesentliche Differenz begründen. Bewusstsein in dem Sinne, den wir gemäss unserer Selbstbeobachtung mit diesem Begriff verbinden, kann aber erst da statuirt werden, wo die Erscheinungen deutlich auf eine spontane Wiedererweckung früherer Vorstellungen hinweisen.

In der Auffassung der Willkürbewegungen zieht sich der Kampf zwischen Determinismus und Indeterminismus fast durch die ganze Geschichte der Philosophie. Beide Ansichten stützen sich einerseits auf speculative, anderseits auf empirisch-psychologische Gründe. Den Alten, die dem Zufälligen auch in der Natur eine Stelle einräumten, galt im allgemeinen die Freiheit des Willens als eine durch die Selbstbeobachtung beglaubigte und mit metaphysischen Principien nicht im Widerstreit liegende Thatsache [1]. Erst die Stoische Philosophenschule scheint den Widerspruch mit dem Grundsatz der allgemeinen Naturordnung empfunden zu haben. Dem Gegensatz der neueren Systeme gieng der analoge Streit auf theologischem Gebiete voran, wo der Begriff der göttlichen Allmacht den Determinismus, und die Vorstellung von der Sünde als der aus dem Willen zum Bösen hervorgegangenen Handlung den Indeterminismus begünstigte: beide Vorstellungen haben dann aber in der Lehre von der Erbsünde, freilich nur für die Welt n a c h dem Sündenfall, ihre entschieden deterministische Versöhnung gefunden [2]. In der Philosophie vertheidigte DESCARTES die unbedingte Autonomie des Willens, während die consequenten Weltanschauungen, wie sie SPINOZA und in neuerer Zeit FICHTE und SCHELLING entwickelten, dieselbe als widersprechend zurückweisen. Ebenso ist bei HEGEL [3] der freie Wille nur der v e r n ü n f t i g e Wille oder der Geist im Momente seiner Selbstbestimmung. Den psychologischen Determinismus hat LOCKE [4] begründet. Ihm folgt die ganze Schule der englischen Empiristen [5], in Deutschland die HERBART'sche Psychologie [6], welche auch hierin in Gegensatz tritt zu der älteren WOLFF'schen Psychologie, die in dieser Frage, der unmittelbaren Selbstbeobachtung folgend, von LEIBNIZENS speculativem Determinismus sich trennt [7]. Eine eigenthümliche, für die Gesammtrichtung der deutschen Speculation charakteristische Mittelstellung nimmt KANT ein. Seine Naturphilosophie neigt zweifellos zu einer Anerkennung der Allgemeingültigkeit des Causalprincips, der sich selbstverständlich auch die willkürliche Handlung nicht entziehen kann. In der Psychologie ist er Indeterminist. So kommt er zu jener eigenthümlichen Auffassung, nach der im Willen die übersinnliche Natur des Menschen die Welt der Erscheinungen durch-

---

[1] ARISTOTELES de anima III 10. Eth. Nic. III, 5 (7).

[2] Vergl. J. H. SCHOLTEN, der freie Wille. Deutsche Ausgabe von C. MANCHOT. Berlin 1874. S. 2. f. S. 12 f.

[3] Encyklopädie Thl. III §. 481 f. Werke Bd. 7, 2. S. 373.

[4] Essays on human understanding Book II chap. 21 §. 11 f..

[5] Vergl. JOHN STUART MILL. System der Logik. Deutsche Ausgabe von SCHIEL. 2te Aufl. 6. Buch, Cap. 2, S. 439 f. A. BAIN, the emotions and the will. sec. edit. p. 493 f.

[6] HERBART. Psychologie als Wissenschaft §. 105, 150. Werke Bd. 6 S. 95. 347 f. Vergl. ferner Bd. 9 S. 248 f.

[7] WOLFF, psychologia empirica §. 926—946. LEIBNIZ. opera philos. ed. ERDMANN p. 517.

beweisen und hierdurch zugleich die Begriffe Gott und Unsterblichkeit, die theoretisch nicht demonstrirt werden können, als nothwendige Postulate erweisen soll [1]. Aber wenn auch die praktischen Principien des Handelns von der theoretischen Weltauffassung nicht nothwendig beeinflusst sind, wie denn in der That der wahre Determinismus die praktischen Consequenzen der Willensfreiheit acceptirt, so können doch unmöglich, wie bei KANT, beide mit einander in Widerstreit treten. Der Begriff Gottes, welcher nach KANT aus der menschlichen Willensfreiheit folgen soll, ist vielmehr aus der Nöthigung des menschlichen Geistes entstanden, eine absolute Ordnung der Natur und der sittlichen Welt vorauszusetzen, welche den Zufall und die unbedingte Selbstbestimmung des Willens ausschliesst, wie dies die religiös-dogmatische Auffassung gerade solcher Zeiten, in denen das religiöse Gefühl am lebendigsten war, deutlich empfunden hat. Aus diesem Grunde hat jede consequente Weltauffassung zum Determinismus geführt; und zwar muss sie, sobald sie die Welt als eine äussere und als eine innere anerkennt, denselben in einer doppelten Form annehmen: die willkürliche Handlung muss inbegriffen sein in dem Naturmechanismus, der sie nach der Kategorie der Ursache herbeiführt, und der Willenimpuls muss hervorgehen aus psychologischen Gründen, die nach der Kategorie des Zwecks ihn bestimmen.

Zweiundzwanzigstes Capitel.

Ausdrucksbewegungen.

Indem sich die Gemüthsbewegungen fortwährend in äusseren Bewegungen spiegeln, werden die letzteren zu einem Hülfsmittel, durch welches sich verwandte Wesen ihre inneren Zustände mittheilen können. Alle Bewegungen, welche einen solchen Verkehr des Bewusstseins herstellen helfen, nennen wir Ausdrucksbewegungen. Diese bilden aber nicht etwa eine Bewegungsform von besonderem Ursprung, sondern sie sind immer zugleich Reflex- oder Willkürbewegungen. Es ist also einzig und allein der symptomatische Charakter, welcher sie auszeichnet. Sobald eine Bewegung ein Zeichen innerer Zustände ist, welches von einem Wesen ähnlicher Art verstanden und möglicher Weise beantwortet werden kann, wird sie damit zur Ausdrucksbewegung. Indem durch sie das Bewusst-

[1] KANT, Kritik der prakt. Vernunft. Werke Bd. 8 S. 156. 225. 261 f. Fortschritte der Metaphysik seit LEIBNIZ und WOLFF. Bd. 1. S. 529 f.

sein des einzelnen Menschen Theil nimmt an dem Entwicklungsprocess einer Gesammtheit, bildet sie den Uebergang von der individuellen Psychologie zur Psychologie der Gesellschaft.

Die Thiere sind, so viel wir wissen, grossen Theils beschränkt auf die Aeusserung von Gemüthsbewegungen [1]. Erst die höhere Entwicklung des Bewusstseins, welche der Mensch erreicht, macht zum Ausdruck mannigfacher Vorstellungen und Begriffe fähig. Noch das Kind in der ersten Lebenszeit und der Blödsinnige, dessen Verstand unentwickelt geblieben ist, lassen nur Affecte und Triebe erkennen. Es liegt daher die grösste Wahrscheinlichkeit vor, dass sich überall die Gedankenäusserung aus der Aeusserung der Gemüthsbewegungen entwickelt habe.

Alle Aeusserungen der Gemüthsbewegungen geschehen ursprünglich unbewusst und unwillkürlich; sie gehören also vollständig in das Gebiet der Reflexe. Allmälig kann sich aber der Wille einzelner Bewegungen bemächtigen, sie hervorbringen oder unterdrücken. Indem der Culturmensch den Ausdruck seiner Affecte nach den Andern richtet, von denen er sich beobachtet weiss, sucht er Geberden und Mienen dieser Rücksicht anzupassen. Er sucht gewisse Affecte zu verbergen und andere auszudrücken. So sind das conventionelle Lächeln in Gesellschaft und die mancherlei Höflichkeitsgeberden bald moderirte bald übertriebene bald willkürlich fingirte Aeusserungen. Dieser Einfluss des Willens wird aber in der Regel ohnmächtig, wenn die Gemüthsbewegung zu hohen Graden anwächst. Auch gelingt es ihm meistens nur das Innere zu verschleiern, selten es ganz zu verhüllen, da die innere Bewegung mit der Macht einer Naturgewalt sich zu äussern strebt und dies unfehlbar thut, sobald die Aufmerksamkeit erschlafft, oder die Stärke des Affectes den zügelnden Einfluss des Willens durchbricht.

Die Ausdrucksbewegungen der Gemüthszustände sind in verschiedener Weise classificirt worden. Man hat entweder den physiologischen Gesichtspunkt angewandt, indem man den Ausdruck, dessen die einzelnen Körper-

---

[1] Dies schliesst nicht aus, dass nicht einzelne Thiere auch bestimmte Vorstellungen zu äussern vermögen. In der That beobachten wir solches zweifellos in einem gewissen Grade bei unsern intelligenteren Hausthieren. Der Hund z. B. gibt durch nicht zu missdeutende Geberden zu verstehen, dass er spazieren gehen will, dass man ihm eine Thür öffnen soll, u. dergl. Wenn nun gleich diese Aeusserungen von Affecten ausgehen, so enthalten sie doch auch gleichzeitig eine Beziehung auf Vorstellungen. Die gewöhnlich gehörte Behauptung, dass das Thier ganz auf die Aeusserung von Gefühlen beschränkt sei, geht also jedenfalls zu weit. Vergl. meine Vorlesungen über die Menschen- und Thierseele II S. 388. Manche Beobachtungen an den in Gesellschaft lebenden Insecten, Ameisen, Termiten u. s. w., scheinen ebenfalls auf eine Mittheilung von Vorstellungen hinzuweisen. Siehe ebend. II S. 200 f.

theile, Auge, Mund, Nase, Arme u. s. w., fähig sind, zergliederte; oder man hat die Aeusserungsformen der einzelnen Affecte nach der psychologischen Verwandtschaft der letzteren neben einander gestellt. Aber diese beiden Wege werfen, so interessant sie für die praktische Menschenkenntniss sein mögen, doch auf das Wesen der Ausdrucksbewegungen höchstens ein indirectes Licht. Wir wollen es daher versuchen, dieselben nach ihrem eigenen, unmittelbaren Ursprung in gewisse Gruppen zu sondern. In dieser Beziehung lassen sich nun, wie ich glaube, alle von Affecten oder Trieben ausgehenden Bewegungen auf drei Principien zurückführen, die übrigens sehr häufig zusammenwirken, so dass eine einzelne Bewegung gleichzeitig aus mehreren erklärt werden muss. Wir können dieselben kurz bezeichnen als das Princip der directen Innervationsänderung, der Association analoger Empfindungen und der Beziehung der Bewegung zu Sinnesvorstellungen.

Unter dem Princip der directen Innervationsänderung verstehen wir die Thatsache, dass starke Gemüthsbewegungen eine unmittelbare Rückwirkung auf die Centraltheile der motorischen Innervation ausüben, wodurch bei den heftigsten Affecten eine plötzliche Lähmung zahlreicher Muskelgruppen, bei geringeren Erschütterungen aber zunächst eine Erregung entsteht, die erst späterhin der Erschöpfung Platz macht. Dieses Princip tritt um so reiner hervor, je stärker die Gemüthsbewegung ist. Mit dem Steigen der letzteren nimmt zugleich die Ausbreitung der Innervationsänderung zu, so dass Unterschiede des Ausdrucks, an denen sich die Qualität des Affectes erkennen liesse, nicht mehr wahrzunehmen sind[1]. Ist die Gemüthsbewegung weniger heftig, so kommen aber gleichzeitig die andern Principien des Ausdrucks zur Geltung. Neben der allgemeinen Muskelerschütterung ist nun deutlich die Beschaffenheit der Gefühle oder die Richtung der Sinnesvorstellungen, welche den Affect erzeugten, in Mienen und Geberden zu lesen.

Die dem Princip der directen Innervationsänderung folgenden Ausdrucksbewegungen sind unter allen am meisten der Herrschaft des Willens entzogen. So ordnen sich denn auch die auf S. 803 besprochenen Wirkungen der Affecte auf die unwillkürlichen Muskeln des Herzens und der Gefässe und auf die Absonderungsorgane vor allem diesem Princip unter. Namentlich sind es die Verengerungen und Erweiterungen der Blutgefässe, das Erblassen und Erröthen, und der Erguss der Thränen, welche einen wichtigen Bestandtheil des Ausdrucks starker Affecte zu bilden pflegen. Diese unwillkürlichen Ausdrucksbewegungen sind zugleich specifisch mensch-

---

[1]) Vergl. S. 804 Anm.

liche[1]), und sie scheinen verhältnissmässig spät von der Gattung Homo erworben zu sein, da Kinder in der ersten Zeit ihres Lebens weder weinen noch erröthen. Doch scheinen ähnliche Veränderungen in der Haut, wie sie beim Erblassen vorkommen, auch bei Thieren sich einzustellen, da das Aufrichten der Haare, das beim Menschen die Todtenblässe der Angst zuweilen begleitet, weitverbreitet bei Thieren gefunden wird[2]). Das Erröthen begleitet im allgemeinen mässigere Affecte, Scham, Verlegenheit, seltener, und dann in der Regel mit dem Erblassen abwechselnd, die Aufwallungen des Zorns. Da die Scham, dieser zum Erröthen vorzugsweise disponirende Gemüthszustand, von welchem er auf die andern Affecte vielleicht erst übertragen wurde, eine durchaus menschliche Eigenthümlichkeit ist, so erklärt sich wohl hinreichend die Beschränkung desselben auf das Menschengeschlecht, bei dem es übrigens eine ganz allgemeine Ausdrucksweise zu sein scheint[3]). Die meist vorhandene Beschränkung des Erröthens auf die Gesichtshaut dürfte wohl von derselben Ursache herrühren, die bei allen das Herz stark erregenden Affecten die Rückwirkung der gesteigerten Herzaction am stärksten an den Blutgefässen des Kopfes uns fühlen lässt. Durch ihre anatomische Lage sind die Kopfschlagadern der heranstürzenden Blutwelle am meisten ausgesetzt. Nun beruht das Erröthen auf einem augenblicklichen Nachlass der Gefässinnervation, welcher als compensirender Vorgang die gleichzeitig durch den Affect bedingte Herzerregung begleitet[4]). Da diese compensirende Innervationsänderung sich ohne Zweifel nach den Bedürfnissen regulirt hat, so ist es begreiflich, dass sie vorzugsweise jene Gebiete trifft, welche der Wirkung der Herzaction am meisten ausgesetzt sind[5]). Der Erguss der Thränen ist eine Secretion, die als rein mechanicher Reflex bei Reizungen der Bindehaut des Auges und zuweilen auch der Retina sich einstellt. Heftige Zusammenziehungen der Augenschliessmuskeln, wie sie bei starken Exspirationen und auch beim Weinen vorkommen, pflegen zwar beim Menschen einige Thränen zu erpressen; dies kann aber um so weniger der Grund der Secretion sein, als die gleichen

---

[1]) Nur der Elephant soll bei heftigen Gemüthsbewegungen zuweilen Thränen vergiessen. S. DARWIN, der Ausdruck der Gemüthsbewegungen. Deutsch von J. V. CARUS. Stuttgart 1872. S. 168.

[2]) DARWIN, ebend. S. 96 f.

[3]) DARWIN a. a. O. S. 322.

[4]) Vergl. Cap. V. S. 179.

[5]) Auch bei Thieren, namentlich Kaninchen, beobachtet man, dass sich bei gesteigerter Herzaction die Gefässe am Kopf, besonders die Ohrarterien, erweitern. Ohne Zweifel sind also die sensibeln Fasern des Herzens mit den die Blutgefässe an Kopf und Hals regulirenden Hemmungsvorrichtungen in innigere Verbindung gesetzt. Aus diesen Gründen scheint mir die Hypothese DARWIN's, dass die Aufmerksamkeit auf das Gesicht die Ursache jener Beschränkung des Erröthens sei a. a. O. S. 344, mindestens entbehrlich. Auch widerspricht ihr die Thatsache, dass das Erröthen gerade zu jenen Ausdrucksformen gehört, die dem Einfluss des Willens, und also auch der Aufmerksamkeit, am wenigsten zugänglich sind.

Bewegungen bei Thieren zu finden sind, welche nicht weinen. Auch die reiche Menge des Secretes lässt sich nur aus einer directen Reflexwirkung auf die Absonderungsnerven der Drüse erklären. Man darf wohl vermuthen, dass die Bedeutung, welche diese Secretion beim Menschen erlangt, mit der lange dauernden Wirkung, die gerade bei ihm tiefere Gemüthsaffecte hervorbringen, zusammenhängt. Den Gefahren, mit denen diese Wirkung das Nervensystem bedroht, wird durch die anhaltende Innervation der Thränendrüsen begegnet, welche, wie jede nach aussen gerichtete Erregung, eine Ableitung und Lösung der hoch angewachsenen inneren Spannung mit sich führt. Als Secretion hat sie nur diese lösende, nie die verstärkende Wirkung auf den Affect, welche den Muskelbewegungen unter Umständen zukommen kann [1]. Schwieriger ist die Frage, wie gerade die Thränendrüsen zu dieser Rolle schmerzlindernder Ableitungsorgane kommen. Vielleicht hängt dies mit der Bedeutung zusammen, welche die Gesichtsvorstellungen für das menschliche Bewusstsein gewinnen. Die Thränen sind zunächst ein Secret, das zum Schutze des Auges gegen mechanische Insulte bestimmt ist. Von fremden Körpern, wie Staub, Insecten u. dergl., befreit sich das Auge durch den reflectorisch eintretenden Thränenerguss. Nun wird unser drittes Princip lehren, dass Bewegungen, die ursprünglich durch bestimmte Empfindungsreize geweckt wurden, dann auch durch Vorstellungen, welche nicht einmal in der Anschauung gegeben sein müssen, sondern nur eine jenen Empfindungen analoge Wirkung auf das Bewusstsein äussern, hervorgerufen werden können. Der Thränenerguss liesse sich demnach als eine Wirkung leidvoller Gesichtsvorstellungen auffassen, welche dann allmälig zur Aeusserungsform des Schmerzes überhaupt geworden ist. Sollte diese Erklärung richtig sein, so wäre das Weinen nach seiner ursprünglichen Bedeutung dem Princip der Beziehung der Bewegung zu Sinnesvorstellungen unterzuordnen, und erst unter der Wirkung der Vererbung wäre es zu einer directen Innervationsänderung geworden [2]. Es ist dies übrigens ein Vorgang, der sich bei fast allen Ausdrucksbewegungen wiederholt. Je fester diese sich durch Generationen hindurch eingewurzelt haben, um so leichter erfolgen sie mit der mechanischen Sicherheit des einfachen Reflexes, ohne dass sich die anfänglich die Bewegung herbeiführenden Bedingungen in merklichem Grade geltend zu machen brauchen. Die Wichtigkeit, welche hierbei der Vererbung zukommt, leuchtet hinreichend aus der bekannten Thatsache hervor, dass

---

[1] Vergl. S. 804.

[2] Darwin (a. a. O. S. 177) vermuthet, dass das Weinen durch den mechanischen Druck hervorgebracht werde, welchem das Auge bei der Mimik des starken Schreiens ausgesetzt sei. Aber dem widerspricht, wie ich glaube, die Thatsache, dass Thiere und selbst ganz junge Kinder auf das heftigste schreien können, ohne Thränen zu vergiessen.

gewisse Mienen und Geberden bei verschiedenen Gliedern einer Familie beobachtet werden, und dies sogar in solchen Fällen, wo Nachahmung nicht wohl in's Spiel kommen kann [1]. Trotzdem sind solche Ausdrucksbewegungen, ebenso wenig wie die Instincte, erklärt, wenn man sie einfach als vererbte Gewohnheiten betrachtet. Jeder angenommenen Gewohnheit liegt eine psychologische Ursache zu Grunde, welche sich auf irgend eines oder auf mehrere der hier erörterten Principien des Ausdrucks wird zurückführen lassen, und die nämliche Ursache, welche die Bewegung ursprünglich herbeiführte, wird in einem gewissen Grade auch noch bei ihrer Wiedererzeugung wirksam sein. Nur so wird es erklärlich, dass selbst derartige individuell beschränkte Geberden doch immer an bestimmte Gemüthsaffecte gebunden sind.

Die directe Innervationsänderung ist fast immer begleitet von einer bedeutenden Rückwirkung des Affectes auf die Apperception. Nicht bloss die plötzliche Lähmung oder Erregung der Muskeln bei starken Affecten, sondern auch jene schwächeren Anwandlungen, die sich nur am Herzschlag, am Erbleichen oder Erröthen der Wangen verrathen, sind sehr gewöhnlich mit einer Verwirrung des Gedankenlaufs verbunden, die ihrerseits auf den Affect selbst und seine körperlichen Folgen verstärkend zurückwirken kann. Der Furchtsame oder Verlegene stottert, nicht bloss weil ihm die Zunge mechanisch den Dienst versagt, sondern zugleich weil ihm die Gedanken stille stehen. Auch hierin verräth sich also wieder der nahe Zusammenhang der motorischen Innervation mit dem Apperceptionsvorgang.

Das Princip der Association analoger Empfindung stützt sich auf das mehrfach hervorgehobene Gesetz, dass Empfindungen von ähnlichem Gefühlston leicht sich verbinden und gegenseitig verstärken [2]. Zunächst kommen hier die Haut- und Muskelgefühle in Betracht, die mit allen Ausdrucksbewegungen verbunden sind. So können schon die energischen Bewegungen, welche, heftige Affecte begleitend, zunächst eine Wirkung der directen Innervationsänderung sind, nebenbei auch darauf bezogen werden, dass die starke Gemüthsbewegung starke Tast- und Muskelgefühle als sinnliche Grundlage verlangt. Unwillkürlich passt daher die Spannung der Muskeln, die sich bei der Ausdrucksbewegung betheiligen, dem Grad des Affectes sich an. Deutlicher aber kommt unser Princip bei den mimischen Bewegungen zur Geltung. Der Druck der Wangenmuskeln richtet sich offenbar, wie Harless mit Recht bemerkt, nach den Qualitäten des zum Ausdruck kommenden Gefühles [3]. So sehen wir die mimische

---

1) Darwin a. a. O. S. 34.
2) Vergl. Cap. X. S. 452 f., Cap. XVII S. 702.
3) Harless, plastische Anatomie S. 126 f.

Bewegung zwischen der schmerzvollen Verzerrung bei leidvollen Affecten, dem wohlthuenden Druck befriedigten Selbstgefühls und der festen Spannung energischer Stimmungen mannigfach wechseln. Zu der vielseitigsten Verwendung aber kommt das Princip der analogen Empfindungen bei den mimischen Bewegungen des Mundes und der Nase. Beide entstehen zunächst als reine Reflexwirkungen auf Geschmacks- und Geruchsreize. Am Munde unterscheiden wir deutlich den Ausdruck des Sauren, Bittern und Süssen. Die beiden ersteren sind im allgemeinen unangenehme Empfindungen, welche gemieden werden, das dritte ist eine angenehme, von dem Geschmacksorgan aufgesuchte Empfindung. Unsere Zunge ist aber an den verschiedenen Stellen ihrer Oberfläche für diese verschiedenen Geschmacksreize in verschiedenem Grade empfindlich, die hinteren Theile des Zungenrückens und der Gaumen vorzugsweise für das Bittere, die Zungenränder für das Saure, die Zungenspitze für das Süsse. So kommt es, dass wir bei der Einwirkung saurer Stoffe den Mund in die Breite ziehen, wobei sich Lippen und Wangen von den Seitenrändern der Zunge entfernen. Bittere Stoffe verschlucken wir, während der Gaumen stark gehoben und die Zunge niedergedrückt wird, damit beide möglichst wenig den Bissen berühren. Kosten wir dagegen süsse Stoffe, so werden Lippen und Zungenspitze denselben in schwachen Saugebewegungen entgegengeführt, um möglichst mit dem angenehmen Reiz in Berührung zu kommen[1]. Diese Bewegungen haben sich nun so fest mit den betreffenden Geschmacksempfindungen associirt, dass ein reproducirtes Bild der letzteren ohne die thatsächliche Einwirkung eines Geschmacksreizes, durch die Bewegung selbst schon entsteht. Sobald daher Affecte in uns aufsteigen, die mit den sinnlichen Gefühlen, welche an jene Empfindungen gebunden sind, eine Verwandtschaft haben, so werden nun unwillkürlich die nämlichen Bewegungen ausgeführt, die dem Affecte in der analogen Empfindung im Gebiet des Geschmacksorganes einen sinnlichen Hintergrund geben. Alle jene Gemüthsstimmungen, welche auch die Sprache mit Metaphern wie b i t t e r, h e r b e, s ü s s bezeichnet, combiniren sich daher mit den entsprechenden mimischen Bewegungen des Mundes[2]. Einförmiger ist die Mimik der Nase. Hier wechseln nur Oeffnen und Schliessen der Nasenlöcher, um bald die Aufnahme angenehmer, bald die Abwehr unangenehmer Geruchseindrücke zu unterstützen, Bewegungen, die dann in ähnlicher Weise wie die mimischen Reflexe des Mundes auf alle möglichen Lust- und Leidaffecte übertragen werden[3].

---

[1] Vorlesungen über die Menschen- und Thierseele II S. 348.

[2] PIDERIT, wissenschaftliches System der Mimik und Physiognomik. Detmold 1867. S. 69.

[3] Ebend. S. 90 f.

Das Princip der Beziehung der Bewegung zu Sinnesvorstellungen beherrscht wohl alle die Mienen und Geberden, die sich auf die zwei vorigen Grundsätze nicht zurückführen lassen. So werden die Ausdrucksbewegungen der Arme und Hände vor allem durch dieses Princip bestimmt. Wenn wir mit Affect von gegenwärtigen Personen und Dingen sprechen, weisen wir unwillkürlich mit der Hand auf sie hin. Ist aber der Gegenstand unserer Vorstellung nicht anwesend, so fingiren wir wohl denselben irgendwo in unserm Gesichtsraum, oder wir deuten nach der Richtung, in der er sich entfernt hat. Gleicherweise bilden wir in affectvollem Sprechen oder Denken Raum- und Zeitverhältnisse nach, indem wir das Grosse und Kleine durch Erhebung und Senkung der Hand, Vergangenheit und Zukunft durch Rückwärts- und Vorwärtswinken andeuten. In der Empörung über eine Beleidigung ballen wir die Faust, selbst wenn der Beleidiger gar nicht anwesend ist, oder wir doch nicht entfernt die Absicht haben, ihm persönlich zu Leibe zu gehen; ja der Erzähler, der Ereignisse einer fernen Vergangenheit berichtet, braucht wohl die gleiche Bewegung, wenn ein ähnlicher Affect in ihm aufsteigt. Nach Darwin's Ermittelungen scheint übrigens diese Geberde nur bei Völkern heimisch zu sein, welche mit den Fäusten zu kämpfen pflegen[1]. Bei heftigem Zorn kann sich die nämliche Bewegung mit der Entblössung der Zähne verbinden, als sollten auch diese zum Kampfe verwendet werden. Als Gegensatz zu dem aggressiven Emporrecken des Halses, wie es dem Zorn und energischen Muth eigen ist, erscheint das Achselzucken, eine ursprünglich wohl dem ängstlichen Verbergen und andern zweifelhaften Gemüthslagen eigenthümliche Geberde, die bei uns zum gewöhnlichen Ausdruck der Unentschiedenheit geworden ist. Wir können es als eine unwillkürliche Rückzugsbewegung, oder wo es sich, wie oft beim eigentlichen Zweifel, mehrmals wiederholt, als einen Wechsel zwischen Angriff und Rückzug auffassen. Von ähnlicher Bedeutung sind die Geberden der Bejahung und Verneinung. Bei der ersteren neigen wir uns einem fingirten Objecte zu, bei der letzteren wenden wir uns mehrmals von demselben ab. Endlich fällt unter dieses Princip fast die ganze Mimik des Auges. Bei gespannter Aufmerksamkeit ist der Blick fest und fixirend, auch wenn das Object, dem sich unser aufmerksames Nachdenken zuwendet, nicht gegenwärtig ist. Ferner öffnet sich das Auge weit im Moment der Ueberraschung; es schliesst sich plötzlich beim Erschrecken. Der Verachtende wendet den Blick zur Seite, der Niedergeschlagene kehrt ihn zu Boden, der Entzückte nach oben. Von den Bewegungen des Auges hängt zugleich der mimische Ausdruck seiner Umgebung ab. So legt sich bei lebhaft geöffnetem Auge die Stirn in horizontale, bei

[1] Darwin a. a. O. S. 252.

est fixirendem Blick in verticale Falten. Die senkrechte Stirnfurchung verbunden mit dem gespannten Blick wird durch ihre Uebertragung auf verschiedenartige Vorstellungen ein sehr verbreiteter mimischer Zug, welcher angestrengtes Nachdenken, Sorge, Kummer, Zorn ausdrücken kann. Erst die übrigen Ausdrucksbewegungen können in diesem Fall Licht werfen auf die besondere Richtung der Stimmung.

Es wurde schon bemerkt, dass die drei hier erörterten Principien des Ausdrucks zu einem gemeinsamen Effect sich combiniren können. So sind denn in der That meistens die Aeusserungen der Gemüthsbewegungen von zusammengesetzter Art und bedürfen daher einer Zergliederung in ihre Elemente. Diese Untersuchung der einzelnen mimischen Formen liegt ausserhalb unserer Aufgabe[1], bei der es sich bloss um die Nachweisung der allgemeinen psychologischen Gesetze handelt, die hier zur Geltung kommen. Nur auf zwei complicirtere Bewegungen dieser Art wollen wir hinweisen, welche die stärksten Ausdrucksmittel der entgegengesetzten Lust- und Leidaffecte darstellen: das Lachen und Weinen. Der Gesichtsausdruck des Weinens besteht, wie bei dem sauren Geschmacksreiz, in einer Erweiterung der Mundspalte, die sich zuweilen mit dem bittern Zug mehr oder minder deutlich combinirt. Zugleich werden die Nasenlöcher geschlossen, die Nasenwinkel herabgezogen, wie bei der Abwehr unangenehmer Geruchsreize. Das Auge ist halb geschlossen, als solle ein empfindlicher Lichtreiz fern gehalten werden, und die Spannung der das Auge umgebenden Muskeln wird entsprechend der Stärke des Affectes vermehrt: in Folge dessen legt sich die Stirn in senkrechte Falten. Auch die Stimmmuskeln nehmen, namentlich bei Kindern, leicht an der verbreiteten motorischen Erregung Theil. Durch directe Innervationsänderung ergiessen sich die Thränen, der Herzschlag wird beschleunigt, und die Blutgefässe verengern sich. Wahrscheinlich ist es die dauernde Contraction der kleinen Arterien, die eine Reizung des Centrums der Exspiration herbeiführt. Das Schreien wird daher zu einem natürlichen Begleiter der krampfhaften Ausathmungsanstrengungen, die in Folge der Dyspnö, die sie herbeiführen, von einzelnen Inspirationsstössen unterbrochen werden. So stellt das Schluchzen als natürliche Folge heftigen Weinens sich ein. Das Lachen unterscheidet sich vom Weinen hauptsächlich durch die verschiedene Mimik der Nase und des Auges. Beide Sinnesorgane sind in der Regel weit geöffnet, wodurch die Stirn in horizontale Falten gelegt wird; auch der Mund ist geöffnet, als sollten alle Sinne den erfreulichen Eindruck aufnehmen. Dabei findet auch beim Lachen eine directe Innervation der Gefässe statt. Sie ist aber nicht, wie

[1] Man vergleiche hierüber namentlich die angeführten Werke von Darwin und Piderit.

beim Weinen, eine dauernde, sondern, gemäss der Natur der Lachreize, des Kitzels und des Komischen, höchst wahrscheinlich eine intermittirende[1]). So tritt denn auch eine intermittirende Reizung des Exspirationscentrums ein. Das Lachen macht sich daher von Anfang an in einzelnen durch Einathmungen getrennten Exspirationsstössen Luft. Bekanntlich kann bei heftigem Lachen die so bewirkte heftige Erschütterung des Zwerchfells sehr anstrengend werden. Dann nimmt das Auge die Mimik der Anstrengung an, fest gehaltenen Blick verbunden mit senkrechten Stirnfalten. Daher die merkwürdige Aehnlichkeit, welche Lachen und Weinen in ihren äussersten Graden darbieten.

Unter dem dritten Princip der Ausdrucksbewegungen sind uns bereits Geberden entgegengetreten, in denen nicht bloss ein innerer Affect zur Wirkung gelangt, sondern wobei sich die Bewegung zugleich auf bestimmte äussere Vorstellungen bezieht. Den Gegenstand, der unser Gefühl erregt, deuten wir an, indem wir auf ihn hinweisen, ihn anblicken oder, wenn er nicht unmittelbar gegeben ist, seine zeitlichen und räumlichen Beziehungen irgendwie durch Bewegungen kenntlich machen. Hierdurch geht die Affectäusserung unmittelbar über in die Gedankenäusserung, als deren einfachste Form die Geberdensprache sich darstellt. Alle Geberden, welche zur Aeusserung und Mittheilung von Vorstellungen dienen können, lassen sich dem dritten Princip der Ausdrucksbewegungen unterordnen. Ursprünglich gehen sie ohne Zweifel, wie alle Ausdrucksbewegungen, aus Affecten hervor. Ein unwiderstehlicher Trieb zwingt uns, den Gemüthsbewegungen Luft zu machen, und unwillkürlich werden dabei die Vorstellungen, welche unser Gemüth erregen, angedeutet oder nachgebildet. So wird die Vorstellung durch die Geberde ausgedrückt, ohne dass ursprünglich eine besondere Absicht der Mittheilung im Spiele wäre. Aber der Mensch findet sich von Anfang an unter andern Menschen. Die Geberde, die eine reine Affectäusserung ist, wird von gleichgearteten Wesen verstanden und so unversehens zum Hülfsmittel der Mittheilung, das sich nun von selbst in der Gesellschaft, die sich einmal dessen bemächtigt hat, befestigen und vervollkommnen muss. Je öfter die gleiche Geberde gebraucht wurde, um so mehr geht sie in ein conventionelles Zeichen für die Vorstellung über, welches nun auch bloss in der Absicht der Mittheilung, ohne einen besonderen Antrieb des Affectes, benützt wird. Indem der Gesichtskreis des Sprechenden sich erweitert, sucht er dann nach

[1]) E. HECKER, die Physiologie und Psychologie des Lachens und des Komischen. S. 7 f. Vergl. oben S. 701.

Zeichen, durch welche er verwandte Vorstellungen von einander scheide. So greift, in dem Maasse als die Geberden Hülfsmittel der Mittheilung für eine denkende Gemeinschaft werden, mehr und mehr auch der Wille in den Gebrauch derselben ein. Nie freilich kann der Wille in der Entwicklung der natürlichen Geberdensprache an sich bedeutungslose Zeichen hervorbringen. Immer muss dem individuell erzeugten Symbol das Verständniss von Seiten des Andern, an den die Mittheilung geht, entgegenkommen, was nur so lange möglich ist, als eine Beziehung der Geberde zu der Vorstellung, die sie bedeuten soll, existirt. Da nun die menschliche Natur aller Orten die nämliche ist, so begreift es sich, dass unter den verschiedensten Umständen, wo eine reine Geberdensprache sich ausbilden kann, bei den Taubstummen verschiedener Länder, zwischen wilden Stämmen, die ohne gemeinsame Lautsprache verkehren, im wesentlichen immer wieder ähnliche Zeichen für ähnliche Vorstellungen gebraucht werden. Die Mittheilung durch Geberden ist also eine wahre Universalsprache, in der es übrigens immerhin an einzelnen, so zu sagen dialektischen Verschiedenheiten nicht fehlt, die den besondern Bedingungen, unter denen sie sich ausbildet, entsprechen [1]).

Die einfachste Weise, in welcher eine Vorstellung ausgedrückt werden kann, ist die unmittelbare Hinweisung auf den Gegenstand. Dieses Hülfsmittel ist aber in der Regel nicht anwendbar, wenn der Gegenstand abwesend ist. Hier hilft sich daher die Geberde mit der Nachbildung desselben. Sie zeichnet seine Umrisse in die Luft, oder sie nimmt irgend eines seiner Merkmale heraus, das sie andeutet. Solche nachbildende Zeichen werden dann auch gebraucht, um allgemeine Vorstellungen auszudrücken. So pflegt bei den Taubstummen das Zeichen für »Mann« die Bewegung des Hutabnehmens zu sein; für »Weib« wird die geschlossene Hand auf die Brust gelegt; für »Kind« wird der rechte Ellbogen auf der linken Hand geschaukelt; für »Haus« werden mit beiden Händen die Umrisse von Dach und Mauern in die Luft gezeichnet, u. s. w. [2]). Wir können also zweierlei Geberdezeichen unterscheiden, demonstrirende, unmittelbar hinweisende, und malende, solche die den Gegenstand oder hervorstechende Merkmale desselben nachbilden. Beiderlei Zeichen können aber in allen möglichen grammatischen Bedeutungen gebraucht werden. Die natürliche Geberdensprache kennt keinen Unterschied von Nomen und Verbum, die Hülfszeitwörter und überhaupt alle abstracten Redetheile fehlen ihr. Sie ist, wenn man will, eine reine Wurzelsprache; ihre ganze Fähigkeit besteht in der Aneinanderreihung von Vorstellungszeichen. Selbst

---

[1]) E. B. Tylor, Forschungen über die Urgeschichte der Menschheit, S. 44 f.
[2]) Tylor a. a. O., S. 25.

die Reihenfolge, in der dies geschieht, ist keine fest bestimmte. Alles, was man die Syntax der Geberdensprache nennen könnte, reducirt sich darauf, dass die Vorstellungszeichen in derjenigen Ordnung sich aneinander schliessen, in welche das Interesse des Sprechenden sie bringt[1].

Die Hauptzeichen der Geberdensprache, jene demonstrirenden und malenden Geberden, die den Wurzeln der Lautsprache verglichen werden können, ordnen sich zwar sämmtlich dem dritten Princip der Ausdrucksbewegungen unter. Aber darum sind die beiden andern Gesetze, namentlich das zweite, auch für die Gedankenäusserung keineswegs bedeutungslos. Indem das Mienenspiel des Gesichts fortwährend die Gefühle und Affecte andeutet, welche mit den ausgedrückten Zeichen verbunden werden, wird die Bedeutung dieser Zeichen selbst verständlicher. Auf diese Weise bildet besonders die Mimik des Mundes einen fortlaufenden, wenn auch nur auf Gefühle hinweisenden Commentar zu dem was Auge, Hand und Finger directer ausdrücken. Diese Begleitung durch Gefühlsausdrücke fehlt auch bei der Lautsprache keineswegs; sie pflegt nur ungleich lebendiger zu sein bei der Geberdensprache, die kein Hülfsmittel entbehren kann, das zu grösserer Verdeutlichung dienen mag.

Der Sprachlaut entspringt gleich der Geberde aus dem unwiderstehlichen Trieb, der in den Menschen gelegt ist, seine Vorstellungen mit Bewegungen zu begleiten, welche zu denselben in unmittelbarer Beziehung stehen, und so den sinnlichen Eindruck, den der wahrgenommene Gegenstand hervorbringt, durch subjectiv erzeugte analoge Empfindungen zu verstärken. Ursprünglich entstehen zweifellos alle diese Bewegungen in der Form eines Reflexes, und erst allmälig bemächtigt sich derselben die sichere Lenkung des Willens. Wie wir eine gereizte Stelle unserer Haut reflectorisch betasten, so weist der Naturmensch unwillkürlich auf das Object hin, das seine Aufmerksamkeit fesselt, und begleitet diese Bewegung mit einem Laut, welcher die stumme Geberde verstärkt. Oder er weckt eine reproducirte Vorstellung zu grösserer Lebendigkeit, indem er den Gegenstand derselben durch malende Pantomimen nachbildet und wieder einen gleich bedeutungsvollen Laut hinzufügt. Noch heute können wir diesen Process zuweilen an Menschen von lebhafter Phantasie beobachten, wenn sie ihre einsamen Gedanken mit Gesticulationen und Worten begleiten. Nur das Wort finden sie in der Sprache bereits vor, das jener erste Naturmensch, wie wir ihn hier voraussetzen, gleichfalls in der Form einer natürlichen Geberde hervorstiess. Aber die ursprüngliche Klanggeberde unterscheidet sich von der stummen Pantomime wesentlich dadurch, dass sich in ihr die Bewegung mit der Schallempfindung verbindet. Sie bietet

[1] Vgl. Steinthal, in Prutz' deutschem Museum. 1851, I. S. 922.

also der äussern Vorstellung, an die sie sich anschliesst, eine doppelte subjective Verstärkung dar, und hierdurch schon muss sie die stumme Geberde an versinnlichender Kraft hinter sich lassen. Als begleitende Bewegung kann auch der Taubstumme die Klanggeberde gebrauchen, indem er für bestimmte Vorstellungen bezeichnende Laute hat, die ihm selbst nur als Bewegungsgefühle bewusst sind [1]). Aber das weitaus überwiegende Element der Klanggeberde ist vermöge der hohen Entwicklung des Gehörsinns der Klang, der, wie das Beispiel der musikalischen Wirkungen zeigt, unendlich mannigfaltiger Formen des Ausdrucks fähig ist. Wie in der Musik der Klang benützt wird, um das Wechseln und Wogen der Gefühle zu schildern, so wird er in dem Sprachlaut zum Symbol der Vorstellung. Ebendesshalb bedarf dieser einer Bestimmtheit, die der musikalische Klang nicht nur entbehren kann sondern entbehren muss, wenn er die ganze Wirkung entfalten soll, deren er fähig ist. Der Sprachlaut muss unzweideutig die Vorstellung angeben, für die er gebraucht wird. Nur hierdurch kann er aus einem individuellen Gefühlsausdruck zum Hülfsmittel der Mittheilung und so zum Organ gemeinsamen Denkens werden. Für diesen Zweck ist es durchaus wesentlich, dass er dem Gebiet der constanten Klangverwandtschaft angehört [2]). Denn damit ist die allgemeine Möglichkeit geboten, dass für verschiedene Vorstellungen wohl unterscheidbare Laute existiren. Die Zahl der Sprachsymbole, die auf solche Weise auseinander gehalten werden können, erweitert sich dann ins unermessliche durch die zahllosen Combinationen verschiedener Lautelemente. Die wirkliche Bildung der Klanggeberde ist aber freilich mit dieser Möglichkeit einer Bildung wohl unterscheidbarer Lautsymbole von genügender Zahl noch nicht erklärt. Denn die Sprache ist keine willkürliche Erfindung, sondern in gewissem Sinne ein Naturproduct, da sie ursprünglich, wie jede Ausdrucksbewegung, als ein unmittelbarer Reflex des Eindrucks entsteht, welchen die Vorstellung auf das Bewusstsein hervorbringt. Es muss also der Sprachlaut, wie jede Geberde, dem Sprechenden als ein natürliches Zeichen der Vorstellung erscheinen und von Andern als ein solches verstanden werden. Hierzu bieten sich nun zwei Wege dar. Zunächst wird zwischen der Vorstellung und dem Laut sowohl wie dem Bewegungsgefühl, das bei dessen Erzeugung entsteht, eine Verwandtschaft vorhanden sein. Diese ist am augenfälligsten in den allerdings seltenen Fällen unmittelbarer Schallnachahmung. Eine viel wichtigere Rolle als diese directe Onomatopoiesis spielt ein Vorgang, den wir die indirecte Onomatopoiesis nennen können, und der auf der Uebersetzung anderer Sinneseindrücke in Klangempfindungen

---

[1]) Vgl. oben S. 667 und STEINTHAL in PRUTZ' deutschem Museum. 1851, 1. S. 917.
[2]) Vgl. Cap. XIII, S. 498.

beruht; eine Uebersetzung, die durchaus im Gebiet des Gefühls vor sich geht, da jene Analogieen der Empfindung, auf welche sie zurückführt, ganz und gar aus übereinstimmenden Gefühlen hervorgehen[1]. Gerade der unendliche Reichthum des Gehörsinns macht ihn fähig, den verschiedensten Vorstellungen anderer Sinne sich anzuschmiegen. Unter diesen kommt dem Gesichtssinn gewiss eine wichtige Rolle zu, doch liegt kein Grund vor ihn für den einzigen zu halten, von welchem der Sprachreflex ausgeht. Alle Sinne des Menschen sind den äussern Eindrücken geöffnet. So wird denn bald dieser bald jener den klangerzeugenden Trieb anregen. Immer kann natürlich durch die Klanggeberde nur ein einzelnes Merkmal der Vorstellung herausgegriffen werden, das gerade dem Bewusstsein des spracherzeugenden Naturmenschen am lebhaftesten sich einprägt. Indem aber der Andere, an den die Rede sich richtet, unter den nämlichen Bedingungen äusserer Anregung und innerer Aneignung sich befindet, wird auch ihm das durch den Laut bevorzugte Merkmal leicht als das zutreffendste erscheinen und so das Verständniss seiner Bedeutung von selbst erwecken. Ein zweites naturgemäss sich darbietendes Hülfsmittel, welches diese Verständigung erleichtert, ist sodann die Verbindung des Sprachlauts mit andern Geberden. Noch heute können wir beobachten, wie der sprechende Naturmensch das Wort mit lebendigen Pantomimen begleitet, welche dasselbe auch dem der Sprache nicht mächtigen Zuhörer verständlich machen. Erst allmälig, durch Sitte und Cultur hat diese innige Verschwisterung von Sprache und Geberde sich abgeschwächt, und ist die erstere als das mächtigere Hülfsmittel der Gedankenmittheilung fast allein übrig geblieben.

Die Ursprache des Menschen war somit eine Reihe mit Geberden begleiteter Wörter, von denen jedes einzelne als ein ein- oder mehrsilbiger Laut[2]) eine concrete Vorstellung ohne weitere grammatische Beziehung bedeutete, ähnlich wie heute noch die stumme Geberde in der natürlichen Sprache der Taubstummen. Es ist bekannt, dass unter den lebenden Sprachen manche, namentlich das Chinesische, Annäherungen an diese vorgrammatische Sprachstufe darbieten. Die so entstandene Klanggeberde hat, sobald sie Eigenthum einer redenden Gemeinschaft geworden ist, die Eigenschaft einer S p r a c h w u r z e l. Es können nun jene mannigfachen

---

[1]) Siehe oben S. 668 und Cap. X, S. 452. Ausserdem vgl. hierzu die Erörterungen von LAZARUS, Leben der Seele II, S. 92 f. und STEINTHAL, Abriss der Sprachwissenschaft. Berlin 1872. I, S. 376.

[2]) Nach vielen Sprachforschern sind alle Sprachen aus monosyllabischen Wurzeln aufgebaut (W. v. HUMBOLDT, über die Verschiedenheit des menschlichen Sprachbaues. Werke Bd. 6, S. 386, 405. MAX MÜLLER, Vorlesungen über die Wissenschaft der Sprache I, Leipzig 1863, S. 220). Aber diese Regel ist nur von einzelnen Sprachstämmen, namentlich dem indogermanischen, abstrahirt worden. Gewisse Wurzeln können, wie W. BLEEK bemerkt, schon desshalb nicht einsilbig sein, weil sie mehrsilbige Schalleindrücke nachahmen (BLEEK, über den Ursprung der Sprache. Weimar 1868. S. 55.)

Wandlungen, Verbindungen mit andern Wurzeln, flectionale Abschleifungen und Lautverschiebungen, vor sich gehen, in denen sich die Weiterentwicklung der Sprache bethätigt. Dabei verliert naturgemäss der Laut von seiner ursprünglichen Lebendigkeit. In gleichem Maasse aber gewinnt er an Fähigkeit, von concreten Vorstellungen allmälig auf abstracte Begriffe übertragen zu werden. So wird die Sprache zu einem immer bequemeren Instrument des Denkens. Dieser innern Metamorphose geht die äussere parallel. Ueberall deutet die Entwicklung der Sprachen darauf hin, dass dieselben mehr und mehr an Härte und an mechanischer Schwierigkeit für den Redenden einbüssen. Für die Ursprache, die darnach ringt jede Vorstellung durch einen treffenden Laut auszudrücken, fallen die Schwierigkeiten der Lautbildung wenig in's Gewicht. Diese machen sich erst geltend, sobald der Laut die sinnlich lebendige Bedeutung verloren hat, die ihm einst zukam.

Das ursprüngliche Zusammengehen von Sprachlaut und Geberde lässt vermuthen, dass die Wurzeln der Lautsprache in die nämlichen Gruppen sich scheiden, wie die Zeichen der Geberdensprache. Wie es demonstrirende und malende Bewegungen gibt, so wird auch die Sprache hinweisende und nachahmende Laute enthalten. In der That dürfte mit dieser Eintheilung die linguistische Classification in demonstrative und prädicative Wurzeln zusammenfallen[1]). Die an Zahl überwiegenden prädicativen Wurzeln wären dann als die Analoga der nachbildenden Geberde anzusehen. Nur bei ihnen wäre jene directe oder indirecte Onomatopoiesis wirksam, welche den sinnenfälligsten Bestandtheil der Vorstellung herausgreift, um ihn durch einen charakteristischen Laut zu bezeichnen. Bei der demonstrativen Wurzel fehlt diese Beziehung. Wörter wie »Ich, Du, hier, dort« u. s. w. können auch in der Ursprache mit keiner unmittelbaren oder mittelbaren Lautnachahmung des Gegenstandes zusammenhängen, da diesen abstracten Symbolen überhaupt der bestimmte Gegenstand fehlt. Wahrscheinlich beruht hier der Laut, gleich der begleitenden Geberde, nur auf einer hinweisenden Bewegung, die mit Hand und Auge auch das Sprachorgan ergreift, und es mag sein, dass diese hinweisende Bedeutung viel mehr dem Bewegungsgefühl als dem Laut innewohnt, der hier nur ein unerlässlicher Begleiter der Bewegung ist.

Nicht unter die Wurzeln der Sprache pflegt man die Interjectionen zu rechnen, die bekanntlich schon durch ihre Gleichförmigkeit in verschiedenen Sprachen sich auszeichnen. Als reine Gefühlsausbrüche ohne Beziehung auf bestimmte Vorstellungen sind sie auch psychologisch wesentlich von der eigentlichen Klanggeberde verschieden. Während die letztere, gleich den

[1]) M. Müller a. a. O., S. 211 f.

Zeichen der natürlichen Geberdensprache, vollständig unserm dritten Princip der Ausdrucksbewegungen untergeordnet ist, haben die Interjectionen die Bedeutung von Stimmreflexen, welche auf einer directen Innervationsänderung beruhen, dabei aber gleichzeitig in ihrer Form durch die mimischen Bewegungen bestimmt sind, die den Analogieen der Empfindung gemäss durch den betreffenden Eindruck erregt werden. So ist auf die Interjection der Verwunderung das plötzliche Oeffnen des Mundes, welches diesen Affect begleitet, auf die Interjection des Abscheus die Ekelbewegung der Antlitzmuskeln von Einfluss, u. s. w. Bei diesen reinen Gefühlsausdrücken der Sprache wirken also regelmässig das erste und zweite Princip der Ausdrucksbewegungen zusammen.

Die Sprachäusserung ist in höherem Grade als irgend eine andere Form der Ausdrucksbewegungen an den Vorgang der Apperception gebunden. Keine Vorstellung wird durch Sprache und Geberde bezeichnet, die nicht zuvor appercipirt, d. h. aus den zahlreichen Vorstellungen, die das Bewusstsein erfüllen, in den inneren Blickpunkt gehoben wäre. Unter den Bestandtheilen der appercipirten Vorstellung wird aber wieder jener am schärfsten innerlich wahrgenommen, welcher den Sprachlaut nach sich bestimmt. Es erweist auch hier jene Enge des Bewusstseins sich wirksam, vermöge deren in der Regel nur eine Empfindung oder höchstens wenige auf einmal sich im innern Blickpunkt befinden können. Sprachlaut und Geberde sind Reflexe des Apperceptionsorgans. So kommt bei dieser höchsten Lebensäusserung des Menschen wieder die Thatsache zur Geltung, dass die Apperception in einer activen Vollendung der sinnlichen Auffassung durch motorische Innervation besteht. Der nämliche Vorgang, der die Vorstellung und namentlich die sinnenfälligsten Empfindungsbestandtheile derselben in den inneren Blickpunkt hebt, bringt zugleich jene Bewegungen hervor, welche als Sprachlaut und Geberde in dem Redenden selbst die sinnliche Kraft der Vorstellung verstärken und in dem Andern, an den sich die Rede wendet, die nämliche Vorstellung wachrufen.

Die sinnliche Lebendigkeit des Urmenschen, welcher einst die Sprache erzeugte, haben wir eingebüsst. Dennoch regt sich etwas von jener sprachbildenden Kraft noch in jedem von uns. Sie äussert sich in dem Taubstummen, der selbst ohne Erziehung sich in der Geberde ein beschränktes Hülfsmittel des Ausdrucks schafft; sie äussert sich in dem Kinde, an welchem wir zur Zeit wo es sprechen lernt einen lebhaften Trieb zur Sprachäusserung bemerken, der sich manchmal in ganz neuen und wunderlichen Wortgebilden Luft macht. Sicherlich ist es nur dieser Trieb, der das Kind überhaupt zum Sprechenlernen befähigt. Es empfängt zwar die Sprache als eine fertige, aber der Trieb, in Laut und Geberde Vorstellungen zu äussern, liegt in ihm.

Dass die Thiere nicht sprechen lernen, obgleich manchen von ihnen die erforderlichen physiologischen Eigenschaften der Stimmwerkzeuge nicht fehlen, ist wahrscheinlich ein Resultat mannigfacher, freilich wieder unter einander zusammenhängender Verhältnisse. Wir haben schon bemerkt, dass manche intelligente Thiere, z. B. Affen und Hunde, nicht bloss Gefühle sondern auch gewisse einfache Vorstellungen pantomimisch zu äussern vermögen [1]. Aber die Stimmlaute, die sie dabei hervorbringen, sind blosse Gefühlsausdrücke. Die Geberdensprache ist bei diesen Thieren offenbar etwas mehr entwickelt als die Lautsprache, in der sie sich auf einige Interjectionen beschränkt sehen. Der Vorzug des Menschen besteht demnach erstens in dem überhaupt unendlich reicheren Ausdruck von Vorstellungen und zweitens in dem ihm allein eigenthümlichen Besitz einer Lautsprache. Gewiss ist es nicht zureichend, wenn man diese Unterschiede einfach auf die höhere geistige Entwicklung des Menschen oder gar auf ein besonderes, nur ihm eigenes Seelenvermögen zurückführt. Der Sprachlaut ist ursprünglich nur Vorstellungszeichen. Vorstellungen haben aber zweifellos auch die Thiere. Es frägt sich also nur, warum sie meist ihre Vorstellungen nicht einmal durch Geberden, niemals durch Laute ausdrücken können. Sind wir nun auch nicht im Stande, in das Innere der Thiere hineinzusehen, so kann uns doch gerade die mangelnde oder sehr mangelhafte Gedankenmittheilung einigermaassen Aufschluss geben, wie es in diesem Innern aussieht. Die mechanische Regulirung der Bewegungen nach den Sinneseindrücken vollzieht sich in ihrem Gehirn ebenso sicher wie in dem des Menschen. Aber der Vorgang der Apperception, als dessen Reflex die Sprache erscheint, muss höchst mangelhaft von statten gehen. Die Vorstellungen werden daher in ihrem Bewusstsein weniger deutlich von einander sich scheiden, so dass jene aufmerksame Erfassung des Einzelnen, die zur Bezeichnung durch Geberde und Sprachlaut erfordert wird, fast gänzlich fehlt. Auch hier bietet das Bewusstsein des Kindes in frühester Lebenszeit, dem die meisten in seinem Sehbereich auftauchenden Gegenstände in ein Ganzes zusammenfliessen [2], noch eine gewisse Annäherung an den thierischen Zustand. Der Sprachtrieb regt sich beim Kinde ohne Zweifel zuerst in dem Moment, wo sich ihm die Objecte deutlicher zu sondern beginnen, so dass sich das Einzelne seiner Aufmerksamkeit aufdrängt. Für die Entwicklung einer Lautsprache fehlen aber den Thieren ausserdem noch die besonderen Verbindungen der Stimm- und Gehörnervenfasern innerhalb des Centralorgans der Apperception, Verbindungen, welche beim Menschen in der Entwicklung des den Insellappen und die

---

[1]) Seite 839 Anm.
[2]) Seite 717.

Grenzen der Sylvischen Spalte einnehmenden Rindengebietes zu erkennen sind [1]. Da wir die Sprache nicht mehr als ein dem Menschen anerschaffenes Wunder, sondern nur noch als ein nothwendiges Entwicklungsproduct seines Geistes betrachten können, so müssen wir annehmen, dass mit der allmäligen Vervollkommnung des Organs der Apperception, wie sie sich in der reicheren Entfaltung des Vorderhirns kundgibt, auch jene centralen Vorrichtungen, die der Apperception ihren kräftigsten Ausdruck in der Lautsprache schufen, allmälig sich ausgebildet haben.

Ist die Sprache entstanden, so hat sie nun aber nicht mehr bloss die Bedeutung eines unmittelbaren Erzeugnisses des Bewusstseins, das für die Ausbildung des letzteren, seiner unterscheidenden und combinirenden Thätigkeit, ein unmittelbares Maass abgibt, sondern sie ist zugleich das wichtigste Werkzeug des Denkens. Dies spricht vor allem in der Fortentwicklung der Sprache selber sich aus. Doch hat hier die Aufgabe der physiologischen Psychologie ihr Ende erreicht. Ihr lag es ob, die äusseren und inneren Bedingungen nachzuweisen, unter denen die Sprache als die höchste Form menschlicher Lebensäusserung aus dem Innern hervorbricht. Der vergleichenden Sprachforschung und Völkerpsychologie kommt es zu, die Gesetze der Weiterentwicklung der Sprache und ihre Rückwirkungen auf das Denken des Einzelnen und der Gesellschaft zu schildern.

Die Versuche, zwischen dem Aeussern des Menschen, namentlich seinen Gesichtszügen, und seinem Innern gewisse Gesetze der Beziehung aufzufinden, sind zwar uralt, denn sie gründen sich auf die allgemeine Wahrnehmung der Wechselwirkung zwischen Geist und Körper; doch sind diese Versuche, wie sie namentlich in den früheren Arbeiten über Physiognomik vorliegen, von geringem Werthe. Sie leiden alle an dem Fehler, dass sie bleibende Verhältnisse der Form, welche auf dem Knochenbau oder andern Eigenschaften der ursprünglichen Bildung beruhen, als bedeutungsvolle Symbole des geistigen Charakters ansehen, und sie ergehen sich meistens in einer ganz willkürlichen Vergleichung menschlicher Züge mit Thierformen, indem sie sich für berechtigt halten, daraus auf eine Verwandtschaft des Temperamentes oder sonstiger Eigenthümlichkeiten zu schliessen [2]. Im Mittelalter hatte die Physiognomik, analog der Chiromantik, den Charakter einer geheimnissvollen Kunst angenommen. LAVATER's Arbeiten waren nicht geeignet, ihr diesen Charakter zu rauben. Er selbst sagt, mit der Physiognomie sei es wie mit allen Gegenständen des menschlichen Geschmacks; man könne ihre Bedeutung empfinden aber nicht ausdrücken [3]. LICHTENBERG, der gegen die enthusiastischen Ergiessungen LAVATER's die Pfeile seiner Satire richtete, hat zugleich schon vollkommen richtig die

---

[1] Seite 229.

[2] ARISTOTELES, physiognomica cap. 4 seq. J. B. PORTA, de humana physiognomia. Hanoviae 1593. Die Vorstellungen über thierische Verwandlungen des Menschen hängen mit diesen Ansichten nahe zusammen. Vgl. PLATO, Timäos 44.

[3] LAVATER's physiognomische Fragmente. Verkürzt herausgegeben von ARMBRUSTER. 3 Bde. Winterthur 1783—87. Bd. 1, S. 101.

wissenschaftliche Aufgabe bezeichnet, die hinter jenen physiognomischen Verirrungen versteckt lag, die Untersuchung der an die Affecte gebundenen Ausdrucksbewegungen [1]. Dieses Ziel fassten denn auch J. J. ENGEL [2], CARL BELL [3], HÜSCHKE [4] u. A. in's Auge, ohne dass sie jedoch zu hinreichend sichern Resultaten gelangt wären, obgleich namentlich die Arbeiten von ENGEL und BELL manche richtige Beobachtungen darbieten. Die meisten Physiologen und Psychologen verhielten sich aber gänzlich skeptisch gegen solche Versuche, die oft mit der Cranioskopie auf eine Linie gestellt wurden [5]. Erst in einigen neueren Arbeiten ist mit der Zurückführung der Ausdrucksbewegungen auf bestimmte psychologische Principien ein Anfang gemacht worden. So stellt HARLESS [6] den Satz auf, dass die Gesichtsmuskeln stets solche Spannungsempfindungen herbeiführen, welche dem vorhandenen Affecte entsprechen, ein Satz, der, wie wir sahen, innerhalb gewisser Grenzen richtig und unserm Princip der Association analoger Empfindungen zu subsumiren ist, aber nicht das ganze Gebiet der Ausdrucksbewegungen umfasst. PIDERIT [7] sucht nachzuweisen, dass die durch Geisteszustände verursachten mimischen Muskelbewegungen sich theils auf imaginäre Gegenstände, theils auf imaginäre Sinneseindrücke beziehen. Dieses Gesetz, welches theilweise mit unserm dritten Princip zusammenfällt, umfasst zwar viele Ausdrucksbewegungen, aber keineswegs alle. Endlich hat DARWIN [8] alle Ausdrucksbewegungen bei Thieren und Menschen drei allgemeinen Principien subsumirt, welche jedoch von den oben aufgestellten wesentlich verschieden sind. Das erste nennt er das Princip zweckmässig associirter Gewohnheiten. Gewisse complicirte Handlungen, die unter Umständen von directem oder indirectem Nutzen waren, sollen in Folge von Gewohnheit und Association auch dann ausgeführt werden, wenn kein Nutzen mit ihnen verbunden ist. Das zweite Princip ist das des Gegensatzes. Wenn gewisse Seelenzustände mit bestimmten gewohnheitsmässigen Handlungen verbunden sind, so sollen die entgegengesetzten Zustände sich aus blossem Contrast mit den entgegengesetzten Bewegungen verbinden. Nach dem dritten Princip endlich werden Handlungen von Anfang an unabhängig von Willen und Gewohnheit durch die blosse Constitution des Nervensystems verursacht. Ich kann nicht verhehlen, dass mir diese drei Gesetze weder richtige Verallgemeinerungen der Thatsachen zu sein, noch die letzteren vollständig genug zu enthalten scheinen. Ein wirklicher oder scheinbarer Nutzen lässt sich bei den Ausdrucksbewegungen natürlich schon desshalb in gewissem Umfang beobachten, weil sie ursprünglich Reflexe sind und als solche dem Gesetz der Zweckmässigkeit und der Anpassung unterworfen [9]. Sie sind dies aber, wenigstens bei dem Individuum, schon vermöge der Constitution des Nervensystems. Hier fliessen also DARWIN's erstes und drittes Princip in einander. Ueber die Ursachen, weshalb solche zweckmässige Reflexe auch auf andere Sinneseindrücke übertragen werden, wo von einem Nutzen derselben nicht

1) LICHTENBERG's vermischte Schriften. Ausgabe von 1844. Bd. 4 S. 18 f.
2) Ideen zu einer Mimik. 2 Thle. Berlin 1785—86.
3) Essays on anatomy of expression. 1806. 3. Aufl. 1844.
4) Mimices et physiognomices fragmenta. Jen. 1821.
5) J. MÜLLER, Handbuch der Physiologie II, S. 92.
6) Lehrbuch der plastischen Anatomie. S. 131.
7) System der Mimik und Physiognomik S. 25.
8) Der Ausdruck der Gemüthsbewegungen. Deutsche Ausg. S. 28.
9) Siehe Cap. XXI, S. 823 f.

mehr die Rede sein kann, darüber geben jedoch DARWIN's Sätze keinen Aufschluss. Hier kommt nun theils das Gesetz der Verbindung analoger Empfindungen theils das Gesetz der Beziehung der Bewegung zu Sinnesvorstellungen zur Anwendung, die beide in DARWIN's Aufstellung nicht enthalten sind. So ist denn auch bei diesem das Gesetz des Contrastes ein offenbarer Nothbehelf. Dafür dass eine Ausdrucksbewegung als Contrast zu einer andern auftrete, muss doch ein psychologischer Grund aufgefunden werden. Ein solcher führt aber immer wieder auf die von uns oben formulirten Principien des Ausdrucks und damit auf positive Gründe für die betreffende Bewegung zurück. Wenn z. B. der Hund, seinen Herren liebkosend, eine Haltung darbietet, die jener, wo er sich einem andern Hunde feindlich naht, gerade entgegengesetzt ist[1], so hat dies seinen Grund theils in den Eigenschaften der Tast- und Muskelempfindungen, die das Wedeln des Schwanzes und die Windungen des Körpers begleiten, theils in der Furcht vor dem Herrn, die sich in der gebückten Stellung kundgibt, also in Bewegungen, die wieder in Analogieen der Empfindung und in der Beziehung zu Vorstellungen begründet sind. Abgesehen von dieser unzureichenden psychologischen Ausführung seiner Theorie hat übrigens DARWIN das Verdienst, ein ausserordentlich reiches Material von Beobachtungen gesammelt und die Bedeutung der Vererbung auch auf diesem Gebiet durch zahlreiche Beispiele nachgewiesen zu haben.

Das Problem des Ursprungs der Sprache musste nothwendig so lange im Dunkeln bleiben, als die Ausdrucksbewegungen überhaupt ein psychologisches Räthsel waren, da eben die Sprache nur die vollendetste Form der Ausdrucksbewegung ist. Der früheren Sprachphilosophie ist sie bald ein Geschenk Gottes bald eine Erfindung des menschlichen Verstandes, bald eine einfache Lautnachahmung der Schalleindrücke[2]. Erst mit W. v. HUMBOLDT beginnt das Problem in den Kreis wissenschaftlicher Forschung zu treten[3]. Aber HUMBOLDT selbst vermag, wie STEINTHAL[4] mit Recht bemerkt, den Boden, dem seine historische Einsicht zuerst die Stützen entzog, mit seiner eigenen Metaphysik noch nicht zu verlassen. So findet sich bei ihm ein eigenthümlicher ungelöster Widerstreit der Gedanken. Die Sprache ist ihm ein nothwendiges Entwicklungsproduct des menschlichen Geistes, aber ihr Ursprung aus diesem wird von ihm nirgends näher nachgewiesen[5]. Die vergleichende Sprachforschung ist diesen psychologischen Grundfragen meistens skeptisch gegenübergestanden, indem sie dieselben wenigstens als vorläufig sich der Beantwortung entziehend hinstellt. Eine Reihe fruchtbarer Gesichtspunkte verdanken wir aber den Arbeiten von LAZARUS[6] und STEINTHAL[7]. Namentlich haben sie den Begriff der Onomatopoiesis erweitert und auf die Wichtigkeit jenes Vorgangs schon hingewiesen, den wir oben als indirecte Onomatopoiesis bezeichneten. Auch die Bedeutung der Apperception wurde von beiden Forschern hervorgehoben. Doch schliessen

---

1) DARWIN a. a. O. S. 51 f.

2) Vgl STEINTHAL, der Ursprung der Sprache im Zusammenhang mit den letzten Fragen alles Wissens 2te Aufl. Berlin 1858.

3) W. v. HUMBOLDT, über die Verschiedenheit des menschlichen Sprachbaus und ihren Einfluss auf die geistige Entwicklung des Menschengeschlechts. Ges. Werke. Bd. 6.

4) a. a. O. S. 78.

5) HUMBOLDT a. a. O. S. 37 f., 53 f.

6) Leben der Seele. II, S. 3 f.

7) Abriss der Sprachwissenschaft. Bd. 1. Berlin 1872.

sie sich in der Auffassung dieses Vorgangs an die HERBART'sche Psychologie an. Die psychologische Bedeutung der Gesichtsvorstellungen für die Sprachentwicklung hat L. GEIGER[1]) betont. Indem ihm so der ursprüngliche Sprachlaut ein Reflexschrei ist, der auf Gesichtseindrücke erfolgt, hat er wohl die nothwendig vorauszusetzende Verwandtschaft zwischen der Natur des Lautes und der Vorstellung zu wenig beachtet und daher dem Zufall eine zu grosse Bedeutung eingeräumt[2]). Und doch ist jene Beziehung zwischen Laut und Vorstellung eine wesentliche Bedingung des Verständnisses. Sie ist aber um so weniger zufällig, als sie ohne Zweifel innig an die eng begrenzten Bedingungen der Gemeinschaft, innerhalb deren eine Ursprache entsteht, gekettet ist. Für die genetische Auffassung der Sprachbildung ist endlich von wesentlichem Belang, dass die Sprache den allgemeinen psychologischen Gesetzen der Ausdrucksbewegungen unterliegt, und dass sie in der Gedankenäusserung durch Geberden ihr einfacheres Vorbild hat.

Dreiundzwanzigstes Capitel.

Schlussbetrachtungen.

Ueberall führt die psychologische Untersuchung auf metaphysische Probleme hinaus. Aber zu deren Lösung bildet der Zusammenhang empirischer Thatsachen und Gesetze, zu denen sie gelangt, nur einen Theil der Vorbedingungen. Das übrige müssen Naturphilosophie und Kritik der Erkenntniss hinzuthun. Denn die Begriffe der innern Erfahrung sind durch die der äusseren mitbestimmt und verlangen mit diesen zusammen die Prüfung ihres Ursprungs und ihrer Berechtigung. Am Schlusse unserer Aufgabe angelangt, wollen wir daher nur auf einige Gesichtspunkte hinweisen, welche die Ergebnisse der physiologischen Psychologie jenem allgemeineren Unternehmen entgegenbringen.

Mit zureichender Sicherheit lässt sich wohl der Satz als begründet ansehen, dass sich nichts in unserm Bewusstsein ereignet was nicht in bestimmten physiologischen Vorgängen seine körperliche Grundlage fände. Die einfache Empfindung, die Synthese der Empfindungen zu Vorstellungen, die Association und Wiedererweckung der Vorstellungen, endlich die Vorgänge

---

[1]) Ursprung und Entwicklung der menschlichen Sprache und Vernunft. Stuttgart 1868.

[2]) a. a. O., S. 22, 134.

der Apperception und der Willenserregung sind begleitet von physiologischen Nervenprocessen. Andere körperliche Vorgänge, wie insbesondere die einfachen und complicirten Reflexe, gehen an und für sich nicht ein in das Bewusstsein, bilden aber wesentliche Vorbedingungen der bewussten oder im engeren Sinne psychologischen Thatsachen.

Dieses Princip der durchgängigen Wechselwirkung zwischen Seele und Leib, das, so oft man es auch zu beschränken suchte, mit unwiderstehlicher Gewalt über das ganze Gebiet der innern Erfahrung sich ausdehnte, ist seit alter Zeit in verschiedener Weise metaphysisch gedeutet worden. Der aus der vulgären Anschauung in die Philosophie verpflanzte Dualismus, der Leib und Seele als zwei verschiedene Wesen nimmt, hat nicht weniger als drei Ansichten entwickelt, nach denen die Wechselwirkung gedacht werden kann. Nach der naheliegendsten soll die Seele, ähnlich einem gestossenen Körper, Eindrücke von den leiblichen Organen empfangen und in ähnlicher Weise bei den Bewegungen wieder auf diese zurückwirken. Aber dieses System des »physischen Einflusses« kann nicht mehr festgehalten werden, sobald man sich der durchgreifenden Verschiedenheiten des körperlichen und geistigen Geschehens bewusst wird. Die Seele müsste ja selbst eine körperliche Beschaffenheit haben, wenn sie von dem Leibe Stösse empfangen und wieder solche an ihn zurückgeben könnte. In Erwägung dieser Schwierigkeiten, die ihm freilich auch bei den Wechselwirkungen körperlicher Substanzen zu bestehen schienen, kam Descartes zu der Vorstellung, dass der Einfluss von Seele und Leib auf einander in jedem einzelnen Fall durch eine besondere göttliche Fügung, eine »übernatürliche Assistenz«, bewerkstelligt werde. Von einem System, das so jede psychologische Thatsache auf ein unmittelbares Wunder zurückführte, war Leibniz nicht befriedigt, obzwar er anerkannte, dass der erste Grund des Zusammenhangs zwischen Leib und Seele sich der Erklärung entziehe. Ihm ist daher dieser Zusammenhang durch eine ursprüngliche göttliche Ordnung für immer vorausbestimmt. Körperliche Vorgänge und Vorstellungen stehen durch eine »prästabilirte Harmonie« in Verbindung. Damit war das wiederholte Wunder der übernatürlichen Assistenz auf eine einmalige Fügung zurückgeführt, aber in dieser blieb das Wunder bestehen. Indem der Dualismus auf solche Weise alle ihm möglichen Versuche der Erklärung erschöpfte, ohne eine genügende finden zu können, lieferte er den Beweis seiner eigenen Unhaltbarkeit und führte mit Nothwendigkeit zur Ausbildung monistischer Ansichten.

Unter ihnen sucht der Materialismus, der in seinem Ursprung älter als die dualistischen Systeme ist, das Geistige als eine Form oder als ein Erzeugniss körperlicher Vorgänge zu begreifen. Er ist im Vortheil, so lange er, auf die Abhängigkeit des Vorstellens und

Denkens von physiologischen Bedingungen hinweisend, gegen den gewöhnlichen Dualismus zu Felde zieht. Aber er selbst hat nie eine Erklärung der psychologischen Erfahrungen zu Stande gebracht, und die Hoffnung, dass ihm dies einst noch gelingen möchte, scheitert an dem Widerstreit, in den er mit den sichersten Fundamenten der Erkenntnisskritik geräth. Die Thatsachen des Bewusstseins sind die Grundlagen all' unseres Wissens. Die äussere Erfahrung ist daher nur eine besondere Domäne der innern, und führt dieselbe auch zur nothwendigen Voraussetzung eines objectiven Seins, so ist doch die Form, in welcher wir dieses auffassen, durch die Eigenschaften des Bewusstseins wesentlich mitbedingt. Die Empfindung ist die subjective Form, in der wir auf den äusseren Eindruck reagiren; Raum und Zeit beruhen auf subjectiven Gesetzen der Synthese der Vorstellungen; die Begriffe der Causalität und der Substanz endlich, deren wir überall zur Naturerklärung bedürfen, sind psychologischen Ursprungs.

Dieser Resultate der Erkenntnisskritik bemächtigt sich der Idealismus. Da die äussere Erfahrung einen Bestandtheil der innern bildet, so ist ihm die Welt ein Reflex des Bewusstseins. Der Idealismus bleibt siegreich, so lange er die Ansprüche des Materialisten zurückweist. Sobald er aber selbst zu dem Versuch einer Naturerklärung übergeht, scheitert er an der spröden Wirklichkeit, die zwar überall die Spuren der subjectiven Einflüsse auf ihre Auffassung erkennen lässt, aber nicht minder klar auf ein objectives Sein hindeutet, ohne das die Anschauungen und Begriffe in uns niemals sich bilden würden. So wird uns das Geständniss abgenöthigt, dass wir nicht nur zur Erkenntniss der Natur der äussern Bestimmungsgründe bedürfen, sondern dass auch diese hinwiederum unsere Auffassungsformen mitbedingen. Raum und Zeit, Causalität und Substanz würden nie in uns entstehen, wenn nicht die objective Welt zur Bildung dieser Anschauungen und Begriffe die Anregung böte. Diesen verschiedenen Quellen der Erkenntniss sucht der Realismus gleichmässig gerecht zu werden. Will sich derselbe vollständig mit den Resultaten der Erkenntnisskritik in Einklang setzen, so muss er aber die Priorität der innern Erfahrung zugestehen. So führt die Psychologie insbesondere nothwendig über den reinen Realismus hinaus zum Idealrealismus.

Indem der Realismus einen Begriff der Substanz zu entwickeln suchte, welcher für die innere und äussere Erfahrung gleicher Weise brauchbar sein sollte, kam er zu der Aufstellung einfacher Wesen, welche in ihrer äusseren Wechselwirkung das Nebeneinander einer atomistisch gedachten Materie darstellen, in ihrem inneren Sein aber zur Grundlage des einheitlichen Bewusstseins sich eignen sollten. Hieraus entwickelten sich jene monadologischen Systeme, denen die menschliche Seele als ein einfaches Wesen erscheint unter vielen andern, die den Leib und die Aussenwelt

bilden, ausgezeichnet nur durch seinen höheren Werth oder durch die günstige Lage, in die es mittelst seiner besonderen Verbindungen gesetzt ist. Aber schon an LEIBNIZ, dem Erfinder der Monaden, zeigte sich, wie leicht solche Anschauungen wieder dem vulgären Dualismus mit allen seinen Widersprüchen anheimfallen, sobald der Versuch gemacht wird, für das Problem der Wechselwirkung eine Erklärung zu finden. Bei LEIBNIZ ist die Seele als herrschende Monade so unendlich erhaben über den dienenden Monaden des Leibes, dass es für WOLFF nur eines kleinen Schrittes bedurfte, der ihn vollständig zum Dualismus zurückführte, um so mehr, als er die ächt dualistische Hypothese der prästabilirten Harmonie bei LEIBNIZ schon vorfand. HERBART machte mehr Ernst mit dem Problem der Wechselwirkung. Naturphilosophie und Psychologie sollen bei ihm aus den nämlichen wechselseitigen Störungen und Selbsterhaltungen einfacher Wesen abgeleitet werden. Aber auch er bleibt bei der Anschauung, die Seele sei ein einziges einfaches Wesen unter vielen ihr untergeordneten. In der Selbsterhaltung gegen die Störungen, die sie von andern Monaden empfängt, besteht die Vorstellung; aus Verhältnissen der Vorstellungen geht der ganze Thatbestand der innern Erfahrung hervor. Diese Ansicht würde am leichtesten mit einer Hypothese über den Zusammenhang des Nervensystems vereinbar sein, wie sie DESCARTES schon aufstellte. In irgend einem Punkt des Gehirns, z. B. in der Zirbeldrüse, müsste die Seele sitzen, und in dem gleichen Punkte müssten von allen Seiten Fasern zusammenlaufen, durch deren Erregungen ihr die Zustände aller andern Hirntheile mitgetheilt würden. Diese Vorstellung widerstreitet aber so sehr den physiologischen Erfahrungen, dass in neuerer Zeit Niemand mehr daran gedacht hat, von ihr Gebrauch zu machen. Man hilft sich also damit, dass man der Seele einen beweglichen Sitz im Gehirn anweist. Sie soll hierhin und dorthin wandern, damit die Veränderungen der verschiedenen Hirnprovinzen auf sie einwirken können. Die Ergebnisse der physiologischen Psychologie würden nun nicht nur ein viel umfangreicheres Wandern der Seele erforderlich machen, als die Urheber dieser Theorie wohl vermuthet haben, sondern man würde auch kaum der Annahme entgehen, dass sich eine und dieselbe Seele gleichzeitig an verschiedenen Punkten befinde. Denn bei jeder einzelnen Vorstellung wirken zahllose elementare Empfindungen zusammen, die unmöglich an einem und demselben Punkte des Centralorgans localisirt sein können. Frägt man aber nach dem Grunde, welcher die Seelenmonade in jedem Moment gerade an die Orte verpflanzt, wo sie nöthig ist, um die Einwirkungen des Leibes in sich aufzunehmen, so bleibt man ohne Antwort. Das Wunder der übernatürlichen Assistenz oder der prästabilirten Harmonie ist auch hier stillschweigend hinzugedacht.

Solchen Schwierigkeiten gegenüber entsteht denn doch die Frage, ob

auch die Grundlage, auf welcher sich alle diese Gedanken entwickelt haben, hinreichend sichersteht. Woher schöpft man die Ueberzeugung, dass die Seele ein einfaches Wesen sei? Augenscheinlich aus dem einheitlichen Zusammenhang der Zustände und Vorgänge unseres Bewusstseins. Für den Begriff der Einheit setzt man also den der Einfachheit. Aber ein einheitliches Wesen ist darum noch durchaus kein einfaches. Auch der leibliche Organismus ist eine Einheit, und doch besteht er aus einer Vielheit von Organen. Hier ist es der Zusammenhang der Theile, welcher die Einheit ausmacht. So treffen wir auch in dem Bewusstsein sowohl successiv wie gleichzeitig eine Mannigfaltigkeit an, die auf eine Vielheit seiner Grundlage hinweist.

Die Seele ist also eine Einheit. Aber diese Einheit beruht nicht auf der Einfachheit ihrer Substanz, sondern vermuthlich auf einem Zusammenhang vieler einfacher Wesen. In ihrem inneren Sein ist sie eine ähnliche Einheit wie für die äussere Auffassung der leibliche Organismus, und die durchgängige Wechselwirkung zwischen Seele und Leib führt nothwendig zu der Vorstellung, dass die Seele das innere Sein der nämlichen Einheit ist, die wir äusserlich als den zu ihr gehörigen Leib anschauen. An die herrschenden Organe des Leibes, die Centralorgane des Nervensystems, sind auch die Aeusserungen der Seele gebunden. Wie die körperlichen, so sind die psychischen Functionen auf verschiedene Centralgebiete vertheilt, und jeder äussern Veränderung entspricht eine Veränderung des inneren Zustandes. Eine Selbstauffassung dieses inneren Zustandes oder ein Bewusstsein wird aber erst da möglich, wo jener Zusammenhang, der die Grundlage des äussern und innern Organismus bildet, die Bedingungen zur selbständigen Wiedererneuerung der Vorgänge und zur Verbindung gegenwärtiger und früherer Zustände in sich enthält. Es gibt daher Wesen, die nie ein Bewusstsein entwickeln, und nicht alle Organe, die einem mit Bewusstein begabten Wesen zugehören, nehmen an dem Bewusstsein Theil.

Diese Auffassung des Problems der Wechselwirkung führt unvermeidlich zu der metaphysischen Voraussetzung, dass die Welt aus einfachen Wesen besteht, die in mannigfache Verbindungen unter einander gesetzt, und deren äussere Veränderungen stets von Veränderungen ihrer inneren Zustände begleitet sind. Zur Empfindung und Vorstellung werden diese aber erst, wo die Verbindungen einfacher Wesen vollkommen genug sind, um den inneren Zuständen Dauer und Zusammenhang zu sichern, eine Stufe, die, so viel wir wissen, in vorbereitender Entwicklung im Bewusstsein der Thiere erreicht ist, doch im Bewusstsein des Menschen erst sich vollendet. So bildet das menschliche Bewusstsein einen Knotenpunkt im Naturlauf, in welchem die Welt sich auf sich selbst besinnt.

Aber so unvermeidlich von dieser Seite die genetische Auffassung des psychologischen Thatbestandes dahin führt, das menschliche Bewusstsein als ein Entwicklungsproduct des Naturlaufs anzusehen, so sicher weckt auf der andern Seite die psychologische Untersuchung die Ueberzeugung, dass die Selbstauffassung des Menschen das Fundament ist, auf welchem alle Erkenntniss ruht. Das nächste Resultat dieser Selbstauffassung, das fester steht als die Gewissheit der äussern Welt, die wir nur durch das Medium unseres Bewusstseins anschauen, ist dies, dass wir uns als ein einheitliches Wesen empfinden. Nur ein unendlich kleiner Punkt der Welt ist es, den unser Bewusstsein in seinem innern Sein erfasst. Wir können nicht annehmen, dass die Welt ausser uns dieses inneren Seins ermangle. Wollen wir aber dasselbe uns denken, so können wir unmöglich es anders denken als in der Form unserer Selbstauffassung und der auf ihr sich erhebenden Auffassung der Menschheit im Ganzen: als einen einheitlichen Zusammenhang, sich gliedernd in selbständige Einheiten verschiedener Ordnung, die sich nach inneren Zwecken entwickeln. So kann der psychologischen Erfahrung nur eine monistische Weltanschauung gerecht werden, die das Individuelle zur Geltung bringt, ohne dass sie dieses in die inhaltsleere Form einer einfachen Monade auflöst, in die erst durch das Wunder übernatürlicher Beihülfe die Mannigfaltigkeit der Dinge hineinkommt. Nicht als einfaches Sein, sondern als geordnete Einheit vieler Elemente ist die menschliche Seele was Leibniz sie nannte: ein Spiegel der Welt.

Register.

Druckfehler.

Seite 26 Zeile 2 von unten lies nicht statt erst.
- 31 - 2 von oben lies dann statt darin.
- 37 - 14 von oben lies Entscheidung statt Erscheinung.
- 57 - 4 von unten lies (k) statt (h).
- 58 - 6 u. 8 von oben ist (h') und h'' zu streichen.
- 58 In der Erläuterung zu Fig. 17 ist die Erklärung für h' und h'' zu streichen und dafür einzuschalten: h'' h''' Gewölbe; h' h' äusserer Randbogen (Bogenwindung und Ammonshorn).
- 65 Zeile 15 von oben lies ($s\ l$ Fig. 22) statt ($s\ l$ Fig. 20).
- 86 - 10 u. 11 von unten lies Furchen statt Flächen.
- 142 Erklärung zu Fig. 49 Z. 5 von oben lies 5 statt s.
- 245 Zeile 10 von oben lies aus festeren in losere statt aus loseren in festere.
- 260 - 9 von oben lies Anode statt Kathode.
- 260 - 10 von oben lies Kathode statt Anode.
- 294 Anm. 2 Zeile 6 von unten lies über statt unter.
- 362 - 5 - 3 von oben lies c statt C.
- 371 - 2 - 7 von unten lies C_1 statt C_4.
- 414 Zeile 8 von unten ist diese vor nimmt einzuschalten.
- 567 - 9 von unten lies bd statt ba.
- 602 - 13 von unten lies Visirebene statt Visirlinie.
- 677 - 24 von oben lies der Wirkung statt oder Wirkung.

Druck von Breitkopf und Härtel in Leipzig.

NAME	DATE DUE

